

Estudio paleontológico y paleoclimático por medio de microvertebrados de los yacimientos del Pleistoceno de Atapuerca

Trabajo de Fin de Grado
Universidad de Zaragoza
Autora: Raquel Moya Costa
Directora: Gloria Cuenca Bescós
Curso 2013/2014

Índice

	Página
1. Abstract.....	3
2. Introducción.....	4
3. Objetivos.....	4
4. Situación geográfica y geológica.....	5
4.1 Geología de Atapuerca.....	5
5. Gran Dolina.....	6
5.1 Tafonomía.....	8
5.2 Biocronología.....	9
5.3 Clima.....	10
6. Material y métodos	11
6.1 Taxonomía.....	12
6.2 Análisis biométrico.....	13
6.3 Distribución estratigráfica de las asociaciones fósiles.....	15
7. Resultados.....	16
7.1 Resultados taxonómicos.....	16
7.2 Distribución de las asociaciones de micromamíferos en la secuencia de TD5. Cálculo del número mínimo de individuos y porcentajes.....	22
8. Discusión.....	23
8.1 Interpretación paleoambiental a partir de las asociaciones de micromamíferos fósiles de TD5 y comparación con otros proxies.....	23
8.2 Inferencias evolutivas del estudio.....	26
9. Conclusions.....	27
10. Bibliografía	28
ANEXO I: Tabla de medidas de m1.....	31

1. Abstract

The Pleistocene sites of Atapuerca (Burgos, Spain) are known because of having a lot of hominid fossils of different ages. They are part of a complex system of cavities where sediments and fossils are very well conserved. However these sites aren't important only for the richness in hominid fossils, though also because there are a lot of remains of vertebrates, both macrofauna and microfauna, and archeological remains as well.

Gran Dolina is one of the sites of Trinchera del Ferrocarril of Atapuerca. It is the site where the first fossils of *Homo antecessor* were found in the level Gran Dolina 6 (TD6).

In the present work we study a layer which is case below the level TD6, the level 5 of Gran Dolina: TD5.

The quantity of fossils and their preservation are so high that these remains can be used to do very detailed paleoclimatic and paleoenvironmental reconstructions in order to know how the environment was where these hominids lived.

To do these reconstructions we need study faunal associations, not only individual species.

Rodents are a group of vertebrates very important to do this kind of studies because they have a high reproduction rate, they adapt rapidly to environmental changes so they have high evolution rates too, and they change their distributions if environment changes.

In Gran Dolina the fossil remains of small vertebrates have been accumulated most probably by the action of birds of prey, that's to say, birds that feed with these animals in the outside and regurgitate the bones in the entrance of the caves, fissures or cliffs where they live.

To study these remains, the team of Atapuerca perform, every year during the excavation period, the sieving and washing all the sediments of the sites of Atapuerca. This is necessary to concentrate the microfossils. After that, we pick-up or separate all microfossils that could be identified. Thereby the material is prepared to be studied in the laboratory.

The study of arvicolines (voles), the group of rodents more abundant in Gran Dolina, is done with the study of the occlusal surfaces of their first lower molars. In order to do that, it has to be done visual comparison and morphometric studies, statistical studies of different parameters of the teeth.

Also, with the studies of microfauna in the stratigraphic sequences of the sites, we can study the evolution of small vertebrates' species in time.

2. Introducción

Los yacimientos del Pleistoceno de Atapuerca (Burgos) son famosos por su gran riqueza en restos paleontológicos y arqueológicos. Estos yacimientos se formaron en un complejo sistema de cuevas en las que se han acumulado importantes restos, una de ellas es Gran Dolina, en la cual se encontraron los primeros restos de *Homo antecessor* en el nivel de Gran Dolina 6 (TD6).

Los restos paleontológicos no solo son humanos sino que hay una gran riqueza de fósiles tanto de macrovertebrados como de microvertebrados que vivieron al mismo tiempo en la zona. Estudiando estas asociaciones faunísticas, comparándolas con las actuales y conociendo bien las especies y sus hábitats se puede interpretar cómo era el medio en que vivían en un tiempo determinado. A partir de la sucesión de ambientes en el tiempo se pueden interpretar también variaciones climáticas.

La abundancia de restos en Atapuerca es tan grande que cada año solo se excavan unos niveles concretos de los distintos yacimientos. De igual forma el estudio del material puede llegar a ser muy detallado, para lo que se van estudiando los niveles poco a poco.

Con este trabajo se pretenden ver estas variaciones climáticas en parte de un nivel concreto del yacimiento de Gran Dolina, TD5, mediante el estudio detallado de 10 muestras. Este trabajo se centra en el estudio taxonómico de los arvicolinos (topillos) de estas muestras y en la interpretación de las variaciones ambientales a partir de ellos.

3. Objetivos

Este trabajo consta de dos objetivos principales:

Un objetivo es realizar la clasificación taxonómica de las especies de micromamíferos de 10 muestras consecutivas de una parte de la secuencia estratigráfica del relleno de una de las cuevas de los yacimientos pleistocenos de Atapuerca, concretamente de parte del nivel TD5 de Gran Dolina.

El otro objetivo es realizar la reconstrucción paleoclimática del tramo de serie al que corresponden las muestras que se estudian mediante el estudio de la distribución de las especies presentes a lo largo de la serie estratigráfica. Esta reconstrucción se basará en los arvicolinos, en su número mínimo de individuos y los porcentajes de cada especie en cada muestra.

4. Situación geográfica y geológica

Los yacimientos de Atapuerca se sitúan en la Sierra de Atapuerca, una sierra montañosa de núcleo mesozoico conectada con la Cordillera Ibérica y situada 14 km al noreste de Burgos, dentro de la Península Ibérica (Figura 1). Los yacimientos forman parte de un sistema kárstico complejo (Figura 2). Es un relieve que aparece en medio de los sedimentos neógenos del Corredor de la Bureba, que conecta las cuencas del Ebro y del Duero.



Figura 1.
Localización de la
Sierra de Atapuerca
en la Península
Ibérica. Imágenes
de Google Earth
modificadas.

4.1 Geología de Atapuerca

La Sierra de Atapuerca tiene dos sistemas de cuevas principales (figura 2). De este a oeste

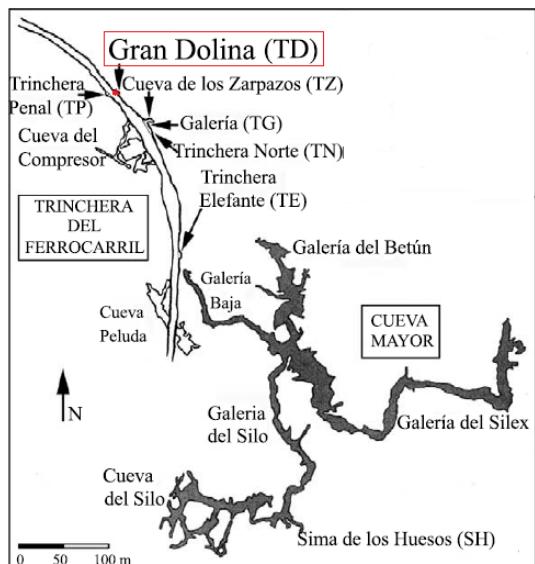


Figura 2. Sistema kárstico de Atapuerca y localización de Gran Dolina en él. Modificado de López Antoñanzas y Cuenca Bescós, 2002)

están la Cueva Mayor y la Trinchera del Ferrocarril. La primera comprende principalmente la Sima de los Huesos y el Portalón de Cueva Mayor. Los fósiles de Sima de los Huesos representan una de las principales colecciones de fósiles humanos provenientes del Pleistoceno medio. La secuencia del El Portalón incluye el final del Pleistoceno superior y parte del Holoceno. La Trinchera del Ferrocarril es una antigua trinchera excavada para el tren que deja expuestos varios niveles fosilíferos y cuevas con abundantes restos fósiles que incluyen principalmente Gran Dolina, Galería-Zarpazos y Sima del Elefante. Las secuencias de Gran Dolina y Sima del Elefante tienen los registros de homínidos más antiguos de Europa. El sistema de Galería-Zarpazos contiene restos humanos que permiten correlacionarlo con

la Sima de los Huesos. (López-García *et al.*, 2011)

5. Gran Dolina

Gran Dolina presenta la mayor sucesión estratigráfica de Atapuerca, con 18-19 m de sedimentos de cueva subdivididos en 11 niveles estratigráficos (Figuras 4 y 5). Casi todos ellos (TD3-TD11) son ricos tanto en fauna como en industria. El límite paleomagnético Matuyama/Brunhes está en TD7, por lo que los niveles inferiores son de una antigüedad superior a 780 ka. La datación directa usando ESR y U/Th ha mostrado que los fósiles de grandes mamíferos de TD6 tienen entre 780 y 886 ka. Hay un hiato en la sucesión estratigráfica y faunística que se reveló por primera vez en Gran Dolina mediante el estudio de micromamíferos, en el límite entre TD8a y TD8b, posiblemente al inicio del Pleistoceno medio. (López Antoñanzas y Cuenca Bescós, 2002)

La Gran Dolina es famosa por haber revelado algunos de los restos de homíninos más antiguos de Europa Occidental, en su nivel 6 (Estrato Aurora). En este nivel se reconoció en 1997 una nueva especie, el *Homo antecessor*, de edad 800 ka. Además las evidencias de industria lítica a través de la sección estratigráfica sugieren que el lugar fue frecuentado por homíninos del final del Pleistoceno inferior en Gran Dolina, desde los niveles 4, 5 y 6 hasta

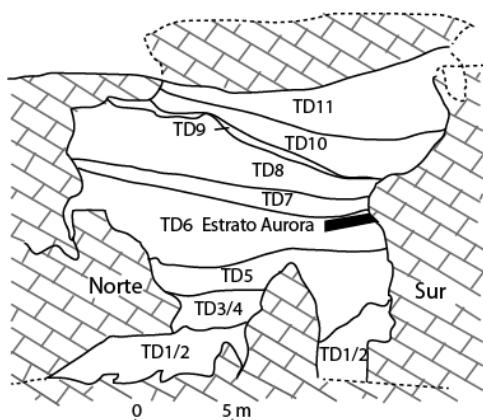


Figura 4. Relleno de Gran Dolina.
Modificado de Cuenca-Bescós *et al.* 2011

el Pleistoceno medio en el nivel 10. (Cuenca-Bescós *et al.* 2011)

La descripción detallada de la estratigrafía de Gran Dolina la desarrollan Parés y Pérez-González, 1999 y Pérez-González *et al.*, 2001:

Los rellenos de Gran Dolina tienen litofacies de interior en la parte basal (TD1 y TD2) y alóctonas de exterior desde TD3-4 hasta TD11, aunque algunas unidades como TD11, TD9 y TD7 representan espacios temporales donde la influencia del exterior es limitada. En las unidades restantes, la caída de

bloques del techo y de las paredes de la cavidad puede ser importante.

Hay una pared calcárea que separa la parte norte de la cueva de la parte sur, así que los niveles TD1-TD5 no se correlacionan bien a un lado y otro de la cueva. (Pérez-González *et al.*, 2001)

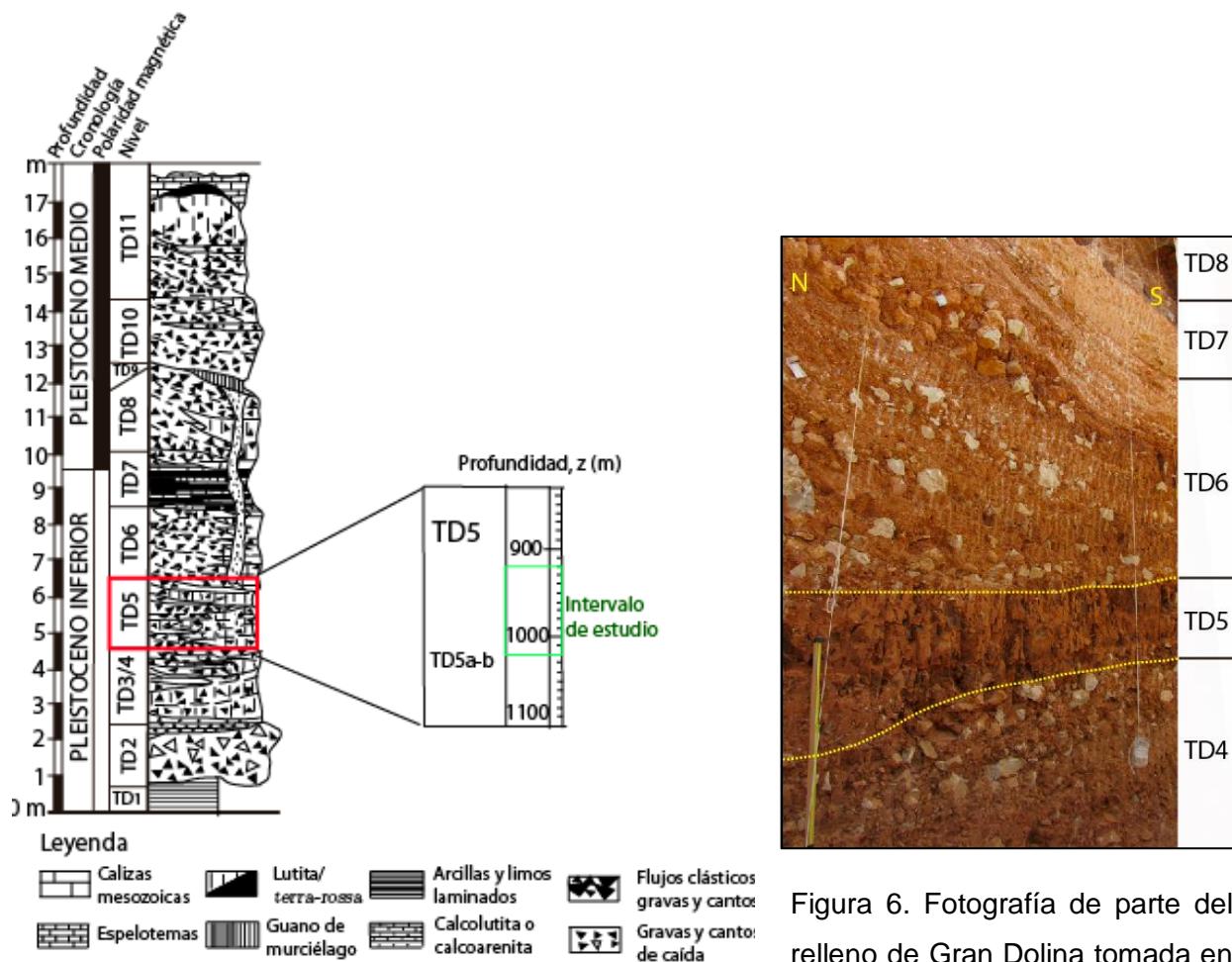


Figura 5. Columna estratigráfica de la secuencia de Gran Dolina en la que se amplía y señala el nivel que se estudia en este trabajo. Modificado de Cuenca-Bescós *et al.* 2011. v Pérez- González *et al.*, 2001.

Figura 6. Fotografía de parte del relleno de Gran Dolina tomada en verano de 2014. Las capas parecen inclinadas porque la foto no es perpendicular al afloramiento.

TD5, el nivel que se estudia en este trabajo, tiene 2,5 m de espesor y se dispone como facies lutíticas de deyección que contienen clastos de hasta 60 cm y niveles clásticos con cantos angulosos seleccionados por transporte hídrico con estructuras de erosión y relleno. La subfacies de lutitas tiene un alto contenido en arenas (20-30%), clastos soportados y un nivel de lutitas en la parte superior. (Parés y Pérez-Gonzalez, 1999) (Figura 6)

La fauna de microvertebrados de Atapuerca se divide en 7 unidades faunísticas locales, que son las *Atapuerca Faunal Units (ATA FUs)* y se establecen en función de la macrofauna, de los reptiles, los anfibios y los micromamíferos que se encuentran. (Cuenca-Bescós *et al.* 2010)

La unidad faunística a la que corresponde TD5 es la *Atapuerca Faunal Unit 3 (ATA FU 3)*, a la que también pertenece TD6a, el nivel inferior de TD6. Su nivel interior se caracteriza por

la primera aparición en la serie de *Micromys minutus* y de tres serpientes: *Coronella austriaca*, *Rhinechis scalaris* y *Vipera cf. aspis*. El límite superior está definido por la última aparición en la serie de *Allophaiomys chalinei* y de *Micromys minutus*. Además tiene en común con ATA FU 2 que se encuentran: *Erinaceus europeaus*, *Dolinasorex glyphodon*, *Sorex minutus*, *Stenocranius gregaloides*, *Hystrix refossa*, *Terricola arvalidens*, *Microtus seseae*, *Pliomys episcopal*, *Mimomys savini*, *Iberomys huescarensis*, *Marmota* sp., *Allocricetus bursae*, *Castor*, *Eliomys* y *Talpa*. (Cuenca-Bescós et al, 2010)

5.1 Tafonomía

Para la interpretación de los datos es importante saber cómo se han acumulado los restos en el yacimiento y su conservación, ya que de esto depende la representatividad de las muestras y la información que pueden proporcionar. Hay muchos factores tafonómicos que afectan la composición de las especies y sus abundancias relativas en un yacimiento. Los micromamíferos son buenos indicadores climáticos, pero también pueden estar altamente distorsionados por los procesos tafonómicos.

Las agrupaciones de sus restos esqueléticos pueden deberse a una muerte natural y a su posterior incorporación al sedimento, aunque la probabilidad de que ese esqueleto aislado subsista a los agentes bioestratinómicos y diagenéticos es muy baja. Por ello se considera que la principal causa de estas agrupaciones se debe a una causa exógena: la ingestión, digestión y deposición por parte de predadores que consumen microvertebrados.

Los principales predadores de micromamíferos son las rapaces y los pequeños carnívoros. (Bennasar, 2005)

Los estudios de tafonomía de Gran Dolina han sido realizados por Bennasar, 2010 y por Fernández-Jalvo, 1996

Según Bennasar 2010, el agente que produce la acumulación de restos de microfauna en TD5 es principalmente la acción de rapaces que depositan egagrópilas en la entrada de las cuevas, en cuyas entradas viven. Estas rapaces son el búho real en la base del nivel y el búho chico en el techo, según Bennasar, 2010, y el cárabo según Fernández-Jalvo, 1996.

Según Fernández-Jalvo, 1996, tanto el cárabo como el búho real son aves oportunistas, por lo que las proporciones de las distintas especies de las que se alimentan son representativas de las que hay en el medio en el que viven, no generan sesgos por depredación. El búho chico tiende a alimentarse principalmente de topillos (arvicolinos), que son el grupo en el que se centra este estudio, así que al no haber sesgos dentro de ellos, se puede considerar representativo también.

Las alteraciones postdeposicionales que afectan a los restos de este nivel son principalmente la formación de óxidos de manganeso por la alta humedad en el ambiente de depósito de los restos y también el agrietamiento, la formación de concreciones, aspecto translúcido y corrosión química debidos a abrasión por un ligero transporte (el redondeamiento), a precipitación de carbonatos u otros minerales (concreciones y aspecto translúcido) y a cambios bruscos de temperatura (agrietamiento). (Bennasar, 2010)

5.2 Biocronología

Las especies que se clasifican en este trabajo coinciden con las propuestas por autores anteriores (Cuenca-Bescós *et al.*, 2010) para el nivel TD5 y a partir de ellas se puede conocer el intervalo de edad al que pertenece.

Según Cuenca-Bescós *et al.*, 2010, aquí se divide el Pleistoceno en 5 biozonas que corresponden cronológicamente al Pleistoceno inferior, pre-Jaramillo, Jaramillo-Matuyama/Brunhes, Pleistoceno medio y Pleistoceno superior (figura 7). Los límites inferiores y superiores de cada biozona se definen por la primera aparición (FAD) y última aparición (LAD) de sus taxones.

Cronología		Millones de años	Atapuerca Faunal Units	Biozonas	Cronología de mamíferos M&S07		
Superior	Medio				Micromamíferos	Grandes mamíferos	
PLEISTOCENO	Pleistoceno superior	< 0,020	FU 7	<i>Iberomys cabrerae</i>			
	Pleistoceno medio	0,3					
		0,4					
		0,45	FU6	<i>Iberomys brecciaensis</i>			
		0,55					
		0,6					
		0,78	FU5				
		0,85	FU4				
	Inferior						
	Jar millo- Miyazawa						
	Brunhes						
	pre-J						
		0,9	FU3	<i>Allophaiomys chalinei</i>			
		1,5-1,1	FU2				
	Ple. Inf.	1,5-1,1	FU1	<i>Allophaiomys lavocati</i>			
		1,8-1,5		<i>Allophaiomys pliocaemicus</i>			
				<i>Allophaiomys savini-pusillus</i>			
				<i>M. savini</i>			
				<i>M. Mirrotus</i>			
				<i>Arvicola-Mirrotus</i>			
				<i>A. terrestris</i> transición			
				<i>A. mosbachensis</i>			
				<i>Toringiense</i>			
				<i>M. savini</i>			
				<i>Galeniense</i>			
				<i>Post.Gal.</i>			

Figura 7. Correlación de la cronología europea, las unidades faunísticas de Atapuerca (Gibbard y Kolschoten, 2004; Gibbard y Markova, 2007; Maul *et al.*, 2007), las biozonas de España (Cuenca-Bescós *et al.* 2010), y la cronología de los mamíferos (sintetizada por Masini y Sala, 2007). En rojo se señala la unidad faunística con sus correlaciones dentro de la cual está TD5. Modificado de Cuenca-Bescós *et al.* 2010.

La correlación con biocronología de mamíferos de Europa se basa en el marco bioestratigráfico regional de España del Cuaternario. Son las siguientes biozoras:

Biozona *Allophaiomys pliocaenicus*: Pleistoceno inferior (sin incluir el Gelasíense)

Biozona *Allophaiomys lavocati*: faunas pre-Jaramillo.

Biozona *Allophaiomys chalinei*: Jaramillo-Matuyama/Brunhes.

Biozona *Iberomys brecciaensis*: Pleistoceno medio.

Biozona *Iberomys cabrerae*: Pleistoceno superior.

El intervalo objeto de estudio pertenece a la biozona *Allophaiomys chalinei*. Se define por la asociación de *Dolinasorex glyphodon*, *Iberomys huescarenensis*, *Stenocranius gregaloides*, *Allophaimys chalinei*, *Pliomys episcopal* y *Mimomys savini*. Puede comprender el intervalo de tiempo entre hace 0,9 Ma y 0,78 Ma. (Cuenca-Bescós *et al.*, 2010)

Para los estudios de la edad también se han realizado correlaciones con los estadios isotópicos, como los de Blain *et al.*, 2012, en los que da una edad para TD5 de 0,94 y 1 millón de años.

5.3 Clima

Según Cuenca-Bescós *et al.*, 2005, los micromamíferos de Atapuerca se clasifican de acuerdo a sus preferencias en cinco tipos de hábitat:

Abierto seco: Prados sometidos a cambios estacionales.

Abierto húmedo: Prados con plantas de hoja perenne, con pastos altos y un suelo adecuado para animales excavadores durante todo el año.

Boscoso: Bosque maduro incluyendo márgenes de bosque y parches de bosque, con una cubierta del suelo moderada.

Acuático: A lo largo de corrientes de agua, por ejemplo ríos, y en lagos y charcas.

Rocoso: Áreas con sustratos rocosos, se puede asumir que este hábitat está relacionado con condiciones de altitud y/o temperaturas bajas, pero parece más dependiente de la disponibilidad de roca desnuda y fisurada o cuevas que por clima o altura.

Estos hábitats están simplificados porque pueden existir ambientes transicionales entre los abiertos húmedos y entre los húmedos y los boscosos.

La distribución de las asociaciones de especies de Gran Dolina según los hábitats se muestra en la tabla 1

Asociaciones de micromamíferos	Hábitat
<i>Terricola, Allocricetus, Crocidura, Hystrix, Erinaceus, Suncus, Lagomorpha</i>	Prado abierto seco
<i>Allophaiomys, Iberomys, Stenocranius gregaloides, Microtus, Micromys, Sorex, Talpa</i>	Prado abierto húmedo
<i>Clethrionomys, Eliomys, Apodemus</i>	Bosque y margen de bosque
<i>Marmota, Pliomys</i>	Hábitat rocoso
<i>Arvicola, Mimomys savini, Castor, Beremendia, Neomys, Galemys</i>	Cercano al agua

Tabla 1. En la tabla se muestran los hábitats de los que son indicadoras las asociaciones de micromamíferos de las que se encuentran fósiles en Gran Dolina. Modificado de Cuenca-Bescós *et al.*, 2005.

6. Material y métodos

Para realizar este trabajo se ha llevado a cabo un trabajo de laboratorio y de gabinete aunque las muestras previamente han sido recogidas, lavadas y tamizadas en campo por el equipo de Atapuerca.

La preparación de las muestras que se estudian en este trabajo comenzó con la extracción de las mismas durante las campañas de excavación de los años 2011 y 2012 por parte del equipo de Atapuerca. Cada año durante el mes de julio el equipo de excavación excava unos niveles concretos de los yacimientos y las muestras obtenidas se estudian más tarde en la universidad, como en el caso de este TFG.

Las muestras de microfauna se obtienen a partir del sedimento fino que queda como residuo en las excavaciones de Atapuerca, sedimento que se lava y tamiza (Figura 8) para retirar la fracción arcillosa y fragmentos de roca grandes usando tamices de luz de malla entre 0,5 y 10,5 mm como los que he utilizado durante la campaña de excavación de 2014 en la que he podido participar. Algunas muestras se trian en el campo (figura 9) y otras como en este caso se trian más tarde en el laboratorio.

Las muestras que se estudian tienen unas siglas de campo en las que se indica: la localidad y el yacimiento (“ATA” indica Atapuerca), el año de excavación o campaña en que se han recogido los restos, el yacimiento concreto (“TD”



Figura 8. Lavado y tamizado de sedimento fino en la campaña de julio de 2014

indica Trinchera Dolina, o Gran Dolina), el nivel del yacimiento al que pertenecen los restos y que está numerado de base a techo, el subnivel, la talla arqueológica (T) numerado de techo a base, la cuadrícula del yacimiento en la que se han excavado los restos y el intervalo de profundidad a la que se encuentran medidos en centímetros desde el comienzo de la excavación (z).

Dependiendo de los objetivos de cada campaña y de los resultados que se van obteniendo, el equipo de la excavación decide realizar o no subdivisiones de los niveles, razón por la cual a veces los números de los subniveles no corresponden con las profundidades.

El trabajo de laboratorio realizado para este trabajo consiste en la preparación de 10 de estas muestras del nivel TD5 del yacimiento de Gran Dolina de Atapuerca.

Las muestras se han escogido de forma que abarcan un registro relativamente continuo, en la secuencia estratigráfica de Gran Dolina, de la profundidad, sin huecos entre una y otra



Figura 9. Trabajo de triado realizado durante la campaña de julio de 2014.

para poder estudiar la evolución climática en un intervalo de tiempo completo, lo que se puede hacer fácilmente en este intervalo porque los niveles son prácticamente horizontales. En este caso corresponden a los niveles de TD5 comprendidos entre los 920 y 1020 cm de profundidad. Están numerados de arriba hacia abajo porque en Arqueología se empieza a contar desde el punto en que se empieza a excavar y no desde la base como se haría en Geología.

6.1 Taxonomía

A partir de los restos recuperados mediante el método de lavado y tamizado, ya en el laboratorio se ha realizado el triado de cada muestra. Esto consiste en, con la ayuda de una lupa binocular, seleccionar todos los restos de microvertebrados que puedan ser identificados y que puedan servir para clasificar, como partes del esqueleto postcraneal con articulaciones o partes del esqueleto craneal, especialmente dientes.

Una vez seleccionados todos los restos identificables se ha descrito en general la microfauna de cada nivel, y se han preparado para un estudio más detallado los dientes de arvicolinos.

Se han identificado el resto de fragmentos de fósiles craneales identificables, aunque no en todos se ha llegado a precisar la especie. Esto se ha hecho para verificar o complementar la

información proporcionada por los arvicolinos, aunque podría estudiarse en detalle para conseguir más precisión en los resultados o para complementarlos con otro tipo de información. En total se han identificado 15 taxones.

La identificación general de los restos craneales no pertenecientes a arvicolinos se ha llevado a cabo mediante el estudio morfológico mediante lupa, por comparación con otros estudios (Cuenca-Bescós *et al.*, 2010 y Cuenca-Bescós *et al.* 2013).

La identificación de los molares de arvicolinos ha sido más detallada y se ha realizado en parte mediante comparación morfológica de las caras oclusales de los primeros molares inferiores con el artículo de Cuenca-Bescós *et al.*, 1995, (Figura 10) ya que son los molares más diagnósticos, y en parte por asegurar los resultados y para aclarar las dudas que surgían, mediante la realización de gráficos de dispersión en los que se relacionan dos caracteres de los molares.

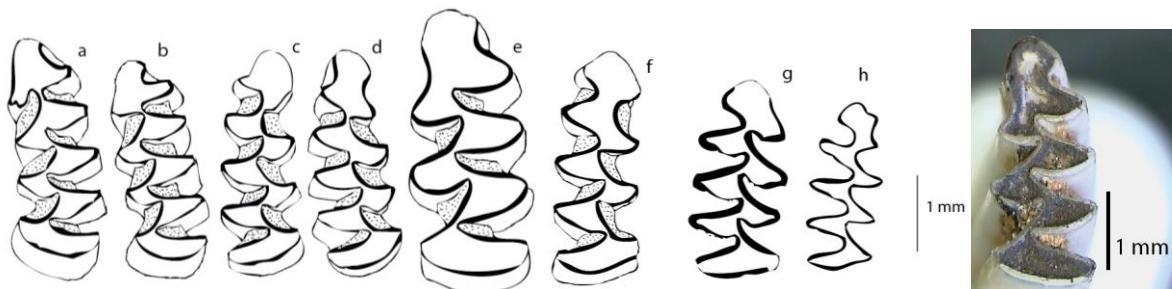


Figura 10. Ejemplos de algunas de morfologías de superficie oclusal que se han utilizado para identificar especies de arvicolinos y fotografía de m1 izquierdo de *Mimomys savini* de la muestra ATA'11 TD5-2 T.1 F13 z:950-960 . a y b: m1 izquierdo de *Iberomys huescarense*, c: m1 derecho de *Stenocranius gregaloides*, d: m1 derecho de *Terricola arvalidens*, e: m1 izquierdo de *Mimomys savini*, f: m1 derecho de *Allophaiomys chalinei*, g y h: m1 derecho de *Pliomys episcopal*. Cuenca- Bescós *et al.*, 1995.

6.2 Análisis biométrico

Se han clasificado, contabilizado y medido los primeros molares inferiores (m1) de los arvicolinos siguiendo a Van der Meulen 1973.

Para ello se han separado, un total de 290 molares según sean izquierdos o derechos, según estén incluidos en sus mandíbulas o no y según tengan o no raíces. Se han montado en una base de forma que la zona oclusal quede totalmente expuesta y a continuación se han fotografiado las superficies oclusales de todos mediante una lupa trilocular con una cámara de vídeo y el programa Matrox Inspector 2.1.

A partir de las imágenes tomadas se ha utilizado el programa de geometría morfométrica TpsDig2 para tomar medidas de cuatro parámetros de cada uno de los 290 molares: longitud (L), anchura (W), longitud máxima del complejo anterocónido (a) y anchura del cuello entre T4 y T5 (c), parámetros que se señalan en la figura 11.

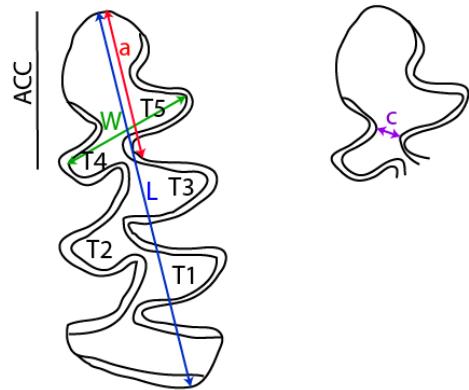


Figura 11. Esquema de los parámetros que se miden en los molares de los arvicolinos para este trabajo. **L**: longitud total, que se mide por fuera del esmalte, **W**: anchura, que se mide por dentro del esmalte, **a**: longitud del complejo anterocónido, **c**: cuello entre T4 y T5, **ACC**: complejo anterocónido, **T**: triángulo de esmalte. Modificado de Van der Meulen., 1973.

Con los resultados obtenidos de las medidas de cada molar se han realizado gráficos de dispersión para todos los molares de cada muestra, lo que ayuda a la hora de agrupar los molares por especies ya que tienen unos parámetros parecidos, así como unas proporciones similares. Se han realizado de 3 tipos: relación entre L y W, relación entre L y a y relación entre W y c.

Al representar los datos, en general se pueden observar nubes de puntos que representan grupos con distintas características, en este caso especies diferentes. A veces no se cumple porque los restos también pueden pertenecer a individuos jóvenes que no se han desarrollado plenamente, por lo que su tamaño es inferior a los del resto de su especie. La presencia de estos individuos jóvenes se confirma al identificar molares de arvicolinos que forman raíces en sus estadios adultos, como *Mimomys savini*, pero sin estas raíces, por lo cual se deduce que aún no las había formado cuando se produjo el resto.

Todas las relaciones mencionadas ayudan a la hora de identificar especies, pero hay que tener en cuenta que los resultados no siempre son satisfactorios, bien porque algunas nubes están superpuestas debido al parecido en las medidas de distintas especies, o bien porque no se llegan a identificar agrupaciones definidas. En algunos casos es complicado que se produzcan las agrupaciones por la escasez de material, mientras que en otros se puede ver que pese a que están unidos como una sola especie por la similitud de la cara oclusal, hay diferencias entre las relaciones de tamaño de los parámetros, por lo que habría que comprobar si lo que se considera una especie podrían ser varias. Al contrario también habría que comprobar si dos especies que se consideran distintas por sus caras oclusales no serían variantes de la misma en el caso de que coincidieran sus relaciones.

Una forma de ver si dentro de un grupo de individuos hay una o más especies es representando la longitud del complejo anterocónico respecto a la longitud total del molar, ya que en cada especie se ajustan los datos a una recta con una pendiente determinada (Van der Meulen, 1973). Si se representan datos que corresponden a varias especies, se verán distintas tendencias. En el caso de que se represente la misma especie pero de distintos niveles, podría verse un abanico de las rectas a las que se ajusten los individuos de cada nivel, lo que indicaría que la especie está dando paso a otra en ese periodo de tiempo.

Hay que tener en cuenta los estudios anteriores en los que ya se ve la variabilidad de las especies, como en el caso de *Mimomys savini*, que aumentará de tamaño a lo largo de la serie (Lozano-Fernández *et al.*, 2013) o el caso de *Iberomys huescarensis*, en el que el parámetro c puede ser muy variable (Laplana y Cuenca-Bescós, 1998)

6.3 Distribución estratigráfica de las asociaciones fósiles

Una vez realizada la clasificación taxonómica, la parte de la reconstrucción paleoambiental y paleoclimática se realiza mediante el cálculo y estudio del número mínimo de individuos (NMI) de micromamíferos, y con los porcentajes de cada especie de arvicolino a lo largo de la serie.

El estudio paleoclimático se centrará en los restos de la subfamilia de los arvicolinos ya que son los mejor representados y al mismo tiempo los que mejor se asocian a un ambiente determinado.

El cálculo del número mínimo de individuos (NMI) se hace teniendo en cuenta que varios elementos pueden pertenecer al mismo individuo, por ejemplo por cada pareja de molar derecho y molar izquierdo de la misma especie que se encuentre dentro de una muestra, se contaría un solo individuo ya que un mismo individuo produce ambos restos, así que si se encuentran 3 molares derechos y uno izquierdo de la misma especie, contaría como 3 individuos.

A continuación se calculan los porcentajes de individuos de cada especie de arvicolino que hay en cada muestra respecto al total de arvicolinos para ver la distribución de las asociaciones de fósiles en cada muestra.

Después, utilizando las relaciones de las asociaciones de especies con sus hábitats que utiliza Cuenca-Bescós *et al.*, 2005 se asocia a cada especie su hábitat y así se calcula los porcentajes de cada hábitat que había en la zona de Atapuerca durante el depósito de la muestra que contiene los fósiles. Con estos datos se realizan gráficas en las que se representen estos porcentajes para que se vea de forma más clara.

Para poder ver correctamente la evolución climática a lo largo de la serie estratigráfica se realiza un gráfico en el que las muestras estén ordenadas por la profundidad (z), representando los porcentajes de cada hábitat en los puntos medios de la profundidad correspondiente a la muestra, ya que algunas muestras se solapan. Así, viendo la evolución de los hábitats de la zona se deducen los cambios ambientales y climáticos producidos durante el tiempo de depósito de la serie.

Después se ve la relación de cada especie con un hábitat y se calcula el porcentaje de cada uno, se representa en función de la posición de la muestra a la que pertenece y se interpreta la secuencia resultante.

Para contrastar los resultados se comparan con otros estudios realizados con isótopos o con otro tipo de fauna, como los de Blain *et al.*, 2009 y Cuenca-Bescós *et al.*, 2005.

Por último se comparan los resultados obtenidos en la parte de taxonomía con la edad de las muestras que se extrae de los estudios de las unidades faunísticas (Cuenca-Bescós *et al.*, 2010) y de los estudios isotópicos (Blain *et al.* 2012), para ver la evolución de las especies estudiadas.

7. Resultados

7.1 Resultados taxonómicos

Al estudiar estas muestras se ha visto que contienen cantidades muy variables de restos de pequeños vertebrados como roedores, insectívoros, quirópteros, lagomorfos, anfibios, reptiles, aves y en ocasiones fragmentos de hueso o pequeños restos de animales de mayor tamaño.

Los insectívoros que se encuentran son erizos (*Erinaceus* Linnaeus, 1758), topos (*Talpa* Linnaeus, 1758) y musarañas, estas últimas tanto de dientes blancos (*Crocidura*), como de dientes rojos (género *Sorex*) y la musaraña gigante *Dolinasorex glyphodon* Rofes y Cuenca-Bescós, 2009

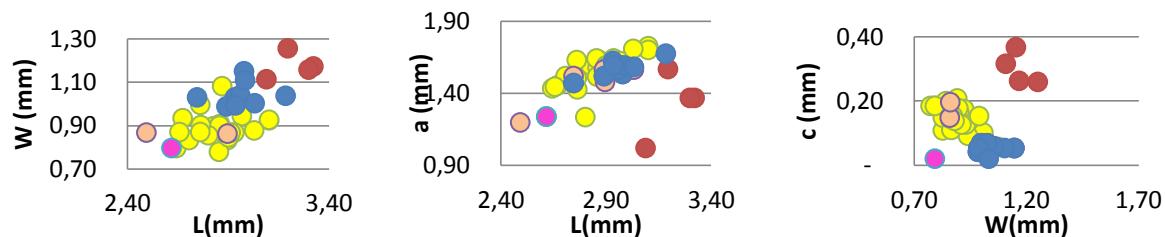
Los arvicolinos (Wilson y Reeder, 2005) que se identifican corresponden a 6 especies: *Iberomys huescarensis* Ruiz Bustos, 1988; *Stenocranius gregaloides* Hinton 1923; *Terricola arvalidens* Kretzoi, 1958; *Mimomys savini* Hinton, 1910; *Pliomys episcopalis* Méhely, 1914 y *Allophaiomys chalinei* Alcalde, Agustí y Villalta, 1981

Otros roedores que se identifican son los cricetinos (hámsters), principalmente *Allocricetus* Schaub, 1930 y lirones.

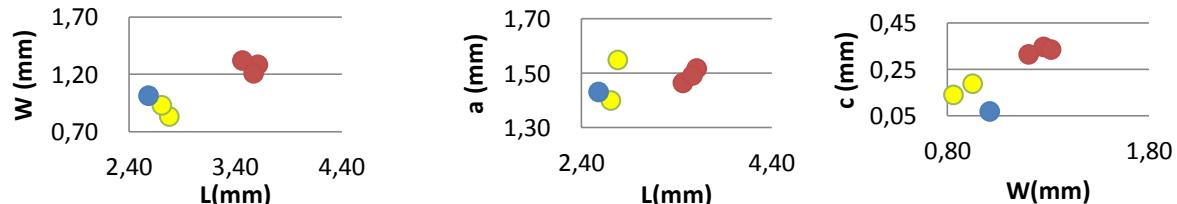
También se encuentran dientes de lagomorfos, de murciélagos y de lagartos.

Para la clasificación de los arvicolinos se toman medidas de los primeros molares inferiores: longitud del molar (L), longitud del complejo anterocónido (a), anchura (w) y amplitud del cuello c (c) de la forma que se explica en el apartado de material y métodos, obteniendo los resultados del anexo I. Estas medidas se representan en los gráficos de la figura 12 que relacionan distintas variables con el objetivo de distinguir nubes de puntos y así distinguir las especies.

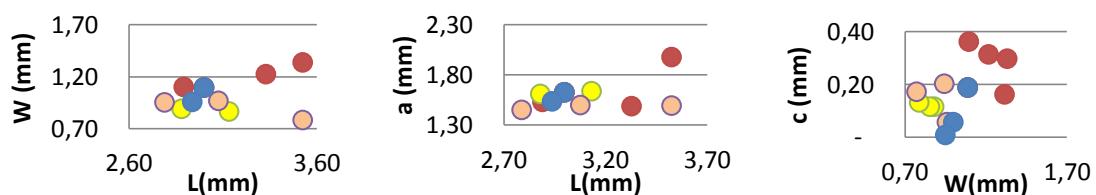
ATA'11 TD5-1 T.1 F13 z: 920-930



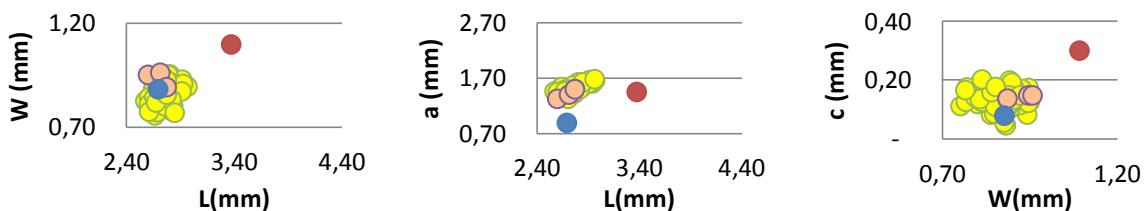
ATA'11 TD5-1 T.3/1 G9 z: 930-950



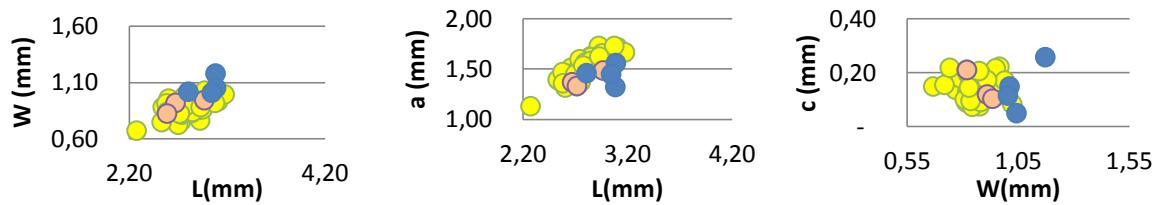
ATA'11 TD5-1 T.2 G12 z: 940-950



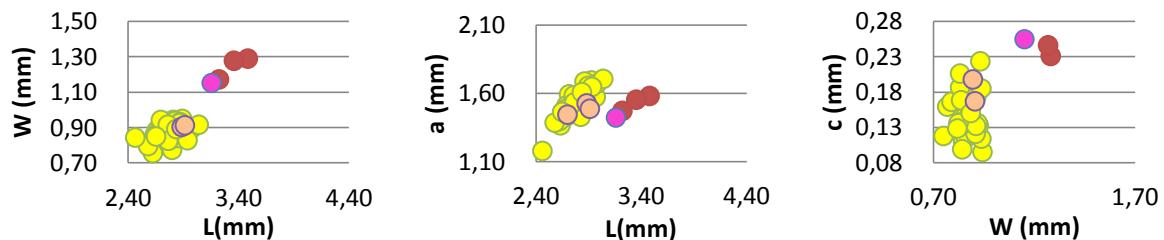
ATA'11 TD5-2 T.1 F13 z: 950-960



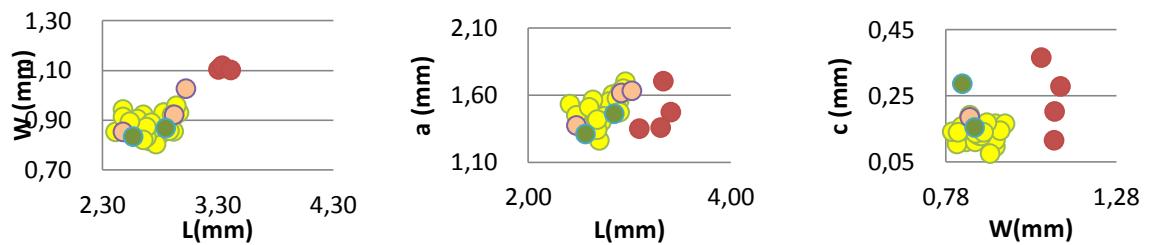
ATA'11 TD5-1 T.3/4 F12 z: 960-980



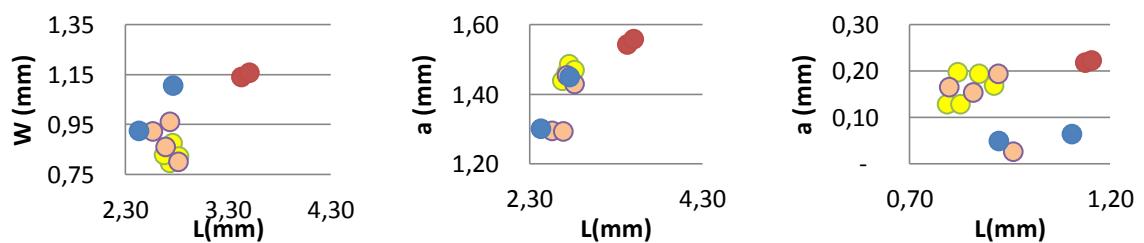
ATA'11 TD5.1 T.5 G11 z: 970-980



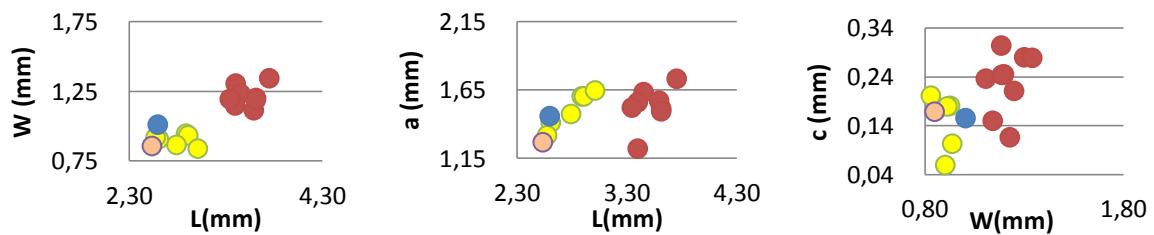
ATA'11 TD5-1 T.5 F12 z: 980-990



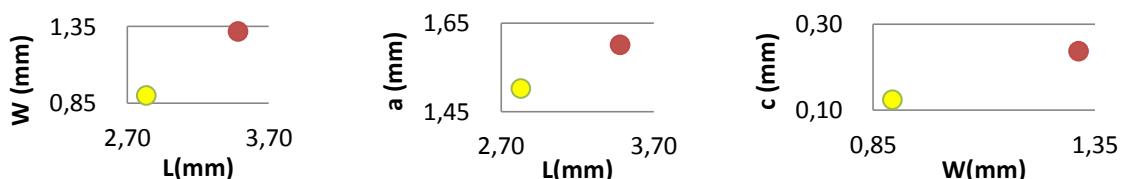
ATA'12 TD5.2.2 E11 z: 990-1000



ATA'11 TD5.2 T.1 G12 z: 1000-1010



ATA'12 TD5-2/3 G14 z: 1010-1020



- *Mimomys savini*
- *Terricola arvalidens*
- *Iberomys huescarensis*
- *Stenocranius gregaloides*
- *Allophaiomys chalinei*
- *Pliomys episcopalis*

Figura 12. Gráficos de medidas de las muestras estudiadas.

Se relacionan la longitud total con la anchura del diente (L-W), la longitud total con la del complejo anterocónido (L-a) y la anchura con la del cuello entre T4 y T5 (W-c). Los ejemplares que faltan se deben a que por presentar alguna rotura no se han podido medir todos sus parámetros.

En la figura 12 se puede ver que el grupo mayoritario es el de *Terricola arvalidens*, que está bien definido aunque hay otros grupos que se pueden confundir con ellos al superponerse en parte, como ocurre sobre todo con *Iberomys huescarensis*, *Pliomys episcopalis* y *Stenocranius gregaloides*, problema que se resuelve en el caso de *Iberomys huescarensis* y *Stenocranius gregaloides* viendo las caras oclusales, y en el caso de *Pliomys episcopalis*, además de porque es el único arvicolino del Pleistoceno con raíces y sin cemento y por esta forma, tiene una anchura ligeramente mayor a la media de *Terricola arvalidens* y el cuello más corto. Por otra parte se diferencia fácilmente a estos el grupo de *Mimomys savini*, que en general es mayor, y aunque tiene raíces como *Pliomys*, tiene también cemento en los entrantes de esmalte. *Allophaiomys chalinei* tiene unos parámetros más parecidos a *Mimomys savini*, aunque en uno de los ejemplares que se han estudiado son muy inferiores, podría ser un individuo juvenil.

Para perfeccionar y facilitar la identificación podrían haberse tomado también medidas de otros parámetros para ver la asimetría de los molares, el espesor del esmalte, la anchura de otros cuellos...

Hay casos en los que se puede ver que especies identificadas fácilmente por comparación de su superficie oclusal en el gráfico quedan fuera de sus nubes de puntos. Esto se suele deber a que hay individuos con distintas medidas, como pueden ser los juveniles. Estos juveniles también pueden distinguirse al observar que a pesar de ser claramente por su superficie oclusal de una especie con raíces, como *Mimomys savini*, puede no tenerlas, ya que solo se adquieren en la etapa adulta.

Al realizar las gráficas se ha visto que en ocasiones hay mucha dispersión de los datos de una sola especie o que podrían solaparse algunas especies, así que se ha realizado también un estudio taxonómico de las especies de arvicolinos para comprobar que las especies que se han considerado corresponden efectivamente cada una a una sola especie (Figura 13) y que no se han considerado como distintas dos especies que podrían ser la misma (Figura 14)

Para ello se ha representado la longitud del complejo anterocónico de cada molar (a) respecto de la longitud total del diente (L) para ver la dispersión de los datos (Figura 13). Si la dispersión es muy fuerte podría tratarse de distintas especies lo que se ha considerado como una sola, ya que cada especie tiene una pendiente característica correspondiente a la recta de regresión de los datos de las medidas que se representan. (Van der Meulen, 1973)

Solo se representan los valores de las especies más representadas: *Terricola arvalidens*, *Mimomys savini*, *Iberomys huescarensis* y *Pliomys episcopalensis*, ya que de *Stenocranius gregaloides* y *Allophaiomys chalinei* hay muy pocos ejemplares y no se pueden ver tendencias.

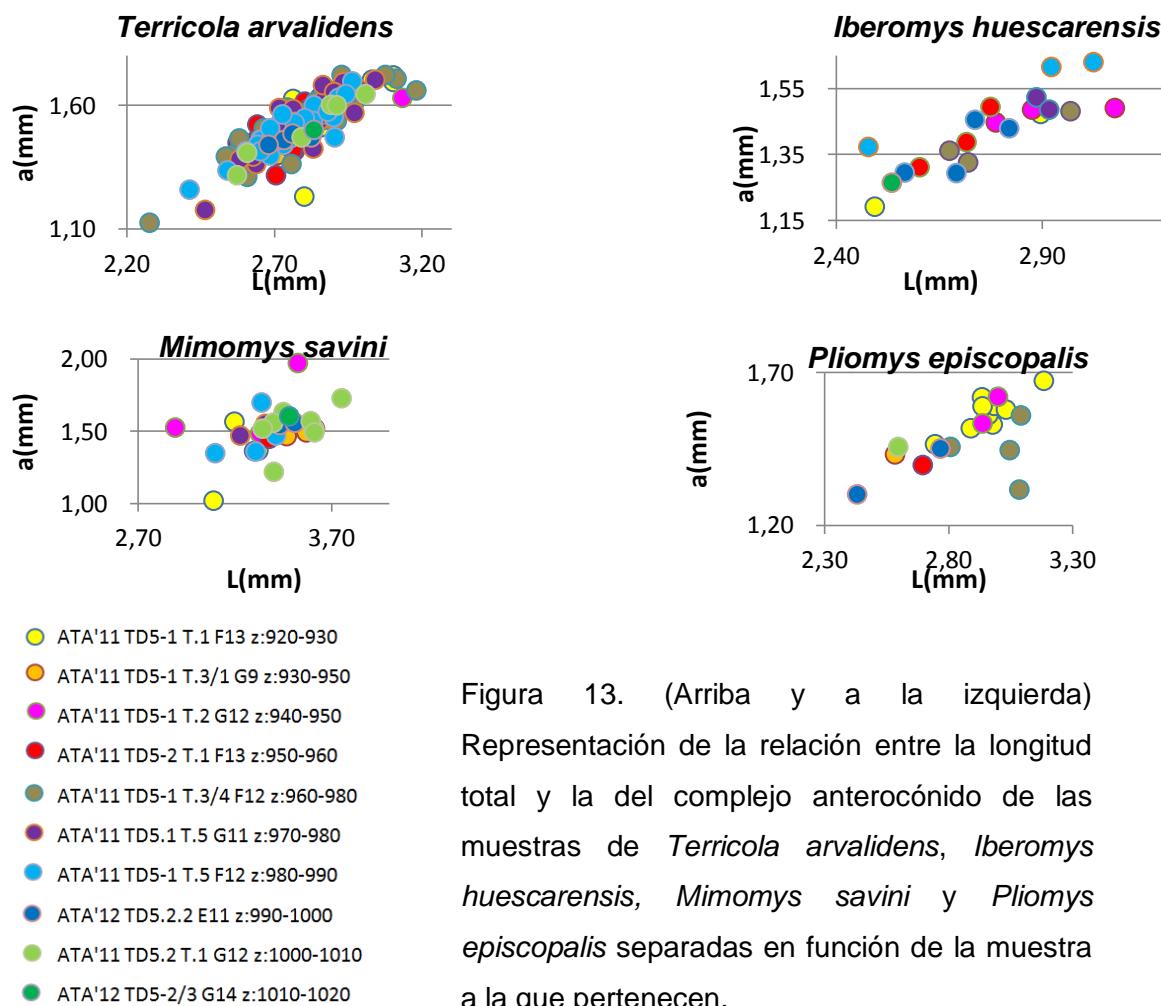


Figura 13. (Arriba y a la izquierda) Representación de la relación entre la longitud total y la del complejo anterocónico de las muestras de *Terricola arvalidens*, *Iberomys huescarensis*, *Mimomys savini* y *Pliomys episcopalensis* separadas en función de la muestra a la que pertenecen.

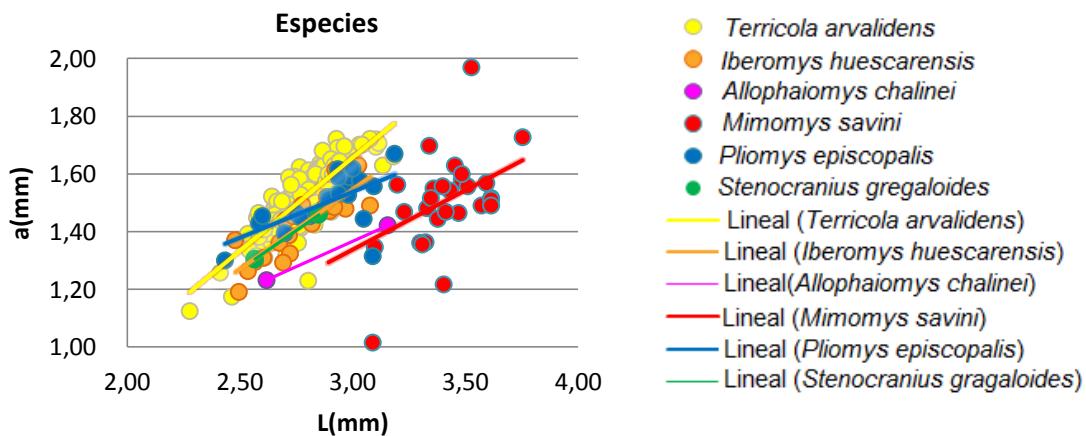


Figura 14. Representación de las medidas de longitud total y longitud del complejo anterocónico de los 290 molares estudiados con las líneas de tendencia de cada especie identificada.

El valor de R^2 de las líneas de tendencia que se calculan para los conjuntos de datos de cada especie da: para *Terricola arvalidens* $R^2 = 0,7451$, para *Iberomys huescarensis* $R^2 = 0,7112$, para *Mimomys savini* $R^2 = 0,2052$ y para *Pliomys episcopalis* $R^2 = 0,4753$.

De los gráficos obtenidos (Figura 13), se puede deducir, por una parte, que *Terricola arvalidens* es una sola especie, se puede ver que los datos se ajustan bien a una recta y la posición respecto a ella no varía en función de la profundidad a la que se encuentra la muestra. Lo mismo ocurre con *Iberomys huescarensis*.

Por otra parte están *Mimomys savini* y *Pliomys episcopalis*, que no se ajustan tan bien como en los casos anteriores a una recta. Esto podría deberse, por una parte a que la cantidad de datos es menor, y por otra a que haya más variabilidad en las medidas. Esta segunda posibilidad puede ser importante en el caso de *Mimomys savini*, ya que durante el estudio se ha visto que hay gran cantidad de juveniles y por otros estudios se sabe que cambia su tamaño con el tiempo (Lozano-Fernández *et al.*, 2013). En el caso de *Pliomys episcopalis* podría ocurrir lo mismo, sin embargo los morfotipos de esta especie son más variables que en las anteriores, por lo que podría haber más variabilidad intraespecífica.

Respecto a la representación de todas las especies juntas (Figura 14) se pueden ver que todas se diferencian claramente por sus pendientes y sus posiciones. Aunque algunas de ellas están contiguas, se pueden diferenciar ya que no coinciden, si no que están desplazadas unas respecto a otras.

7.2 Distribución de las asociaciones de micromamíferos en la secuencia de TD5. Cálculo del número mínimo de individuos y porcentajes.

Una vez realizada la clasificación taxonómica, se procede a ver la distribución de los taxones en la secuencia de TD5.

A partir del conteo que se ha realizado de los restos craneales (y de los húmeros y escáculos en el caso de los topos) de los micromamíferos de las 10 muestras escogidas para este estudio se ha calculado el número mínimo de individuos (NMI) que hay de cada taxón en cada muestra obteniendo los resultados de la tabla 2.

Tabla 2. NMI de los micromamíferos identificados en las muestras estudiadas de TD5. En las columnas se indican las muestras a las que pertenecen y en las filas se indican los tipos de micromamíferos que se han contabilizado y dentro de ellos los taxones que se encuentran.

En la penúltima fila se indica el total de individuos que se encuentran en cada muestra a partir de los restos estudiados y en la última el número de taxones que hay en cada muestra.

			ATA'11 TD5-1 T.1 F13 z:920-930	ATA'11 TD5-1 T.3/1 G9 z:930-950	ATA'11 TD5-1 T.2 G12 z:940-950	ATA'11 TD5-2 T.1 F13 z:950-960	ATA'11 TD5-1 T.3/4 F12 z:960-980	ATA'11 TD5-1 T.5 G11 z:970-980	ATA'11 TD5-1 T.5 F12 z:980-990	ATA'12 TD5.2.2 E11 z:990-1000	ATA'11 TD5.2 T.1 G12 z:1000-1010	ATA'12 TD5-2/3 G14 z:1010-1020
		<i>Eliomys</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Erinaceus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
		<i>Talpa</i>	3	1	0	2	0	1	1	2	1	1
		<i>Sorex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		<i>Crocidura</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
		<i>Dolinasorex</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	8	0
Insectívoros		<i>Myotis</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
Quirópteros												
		<i>Iberomys huescarenensis</i>	2	0	3	2	2	2	3	3	1	0
		<i>Terricola arvalidens</i>	13	2	3	31	28	19	15	3	4	1
		<i>Stenocranius gregaloides</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		<i>Allophaiomys chalinei</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		<i>Mimomys savini</i>	2	2	4	1	0	2	2	2	5	1
		<i>Pliomys episcopalensis</i>	6	1	2	1	3	0	0	2	1	0
		<i>Allocricetus bursae</i>	10	0	4	0	7	1	3	1	5	0
Roedores		<i>Arvicolinos</i>										
Lagomorfos		<i>Lagomorpha indet.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
TOTAL			39	6	16	37	41	27	27	18	28	5
Nº especies			9	5	5	5	5	7	8	8	10	5

El estudio paleoclimático se va a basar principalmente en los restos de la subfamilia de los arvicolinos ya que son al mismo tiempo los mejores representados y los que mejor se asocian a un ambiente determinado.

Para ello se calculan los porcentajes de las distintas especies de arvicolinos en cada muestra respecto al número total de arvicolinos y se obtienen los resultados de la tabla 3.

Tabla 3. Porcentajes de las especies de arvicolinos presentes en las muestras.

	<i>Iberomys huiscarensis</i>	<i>Terricola arvalidens</i>	<i>Stenocranius gregaloides</i>	<i>Allophaiomys chalinei</i>	<i>Mimomys savini</i>	<i>Pliomys episcopalis</i>
ATA'11 TD5-1 T.1 F13 z:920-930	8,33	54,17	-	4,17	8,33	25,00
ATA'11 TD5-1 T.3/1 G9 z:930-950	-	40,00	-	-	40,00	20,00
ATA'11 TD5-1 T.2 G12 z:940-950	25,00	25,00	-	-	33,33	16,67
ATA'11 TD5-2 T.1 F13 z:950-960	5,71	88,57	-	-	2,86	2,86
ATA'11 TD5-1 T.3/4 F12 z:960-980	6,06	84,85	-	-	-	9,09
ATA'11 TD5.1 T.5 G11 z:970-980	8,33	79,17	-	4,17	8,33	-
ATA'11 TD5-1 T.5 F12 z:980-990	14,29	71,43	4,76	-	9,52	-
ATA'12 TD5.2.2 E11 z:990-1000	30,00	30,00	-	-	20,00	20,00
ATA'11 TD5.2 T.1 G12 z:1000-1010	9,09	36,36	-	-	45,45	9,09
ATA'12 TD5-2/3 G14 z:1010-1020	-	50,00	-	-	50,00	-

8. Discusión

8.1 Interpretación paleoambiental a partir de las asociaciones de micromamíferos fósiles de TD5 y comparación con otros proxies.

Una vez calculados los porcentajes de cada especie, utilizando las asociaciones de cada especie de arvicolino que aparece en las muestras con su hábitat que se resumen en la tabla 4 a partir de la tabla 1, se obtienen las proporciones que hay de cada hábitat en cada muestra y que se representan en la figura 15

Arvicolinos de este trabajo	Hábitat
<i>Terricola arvalidens</i>	Prado abierto seco
<i>Allophaiomys chalinei</i> , <i>Iberomys huiscarensis</i> , <i>Stenocranius gregaloides</i>	Prado abierto húmedo
<i>Pliomys episcopalis</i>	Hábitat rocoso
<i>Mimomys savini</i>	Cercano al agua

Tabla 4. Se muestran los hábitats a los cuales pertenecen las especies de arvicolinos que se estudian en este trabajo. Como se puede ver no hay representantes del hábitat boscoso o de margen de bosque.

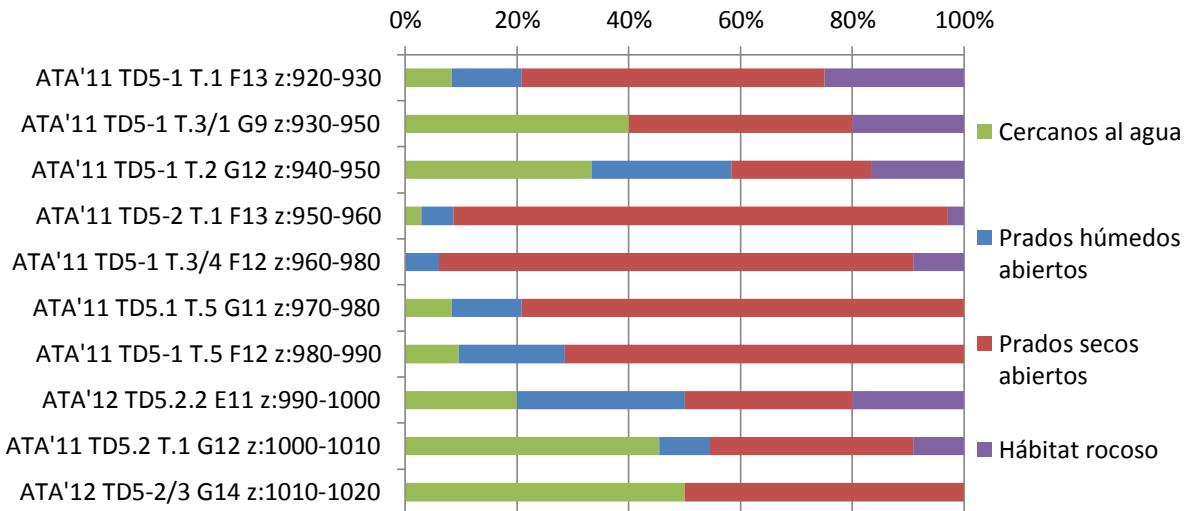


Figura 15. Porcentajes de cada tipo de hábitat en cada muestra

Sin embargo hay que tener en cuenta que algunas muestras se solapan. Al ser los niveles de Gran Dolina horizontales, se puede ver la sucesión en el tiempo de los distintos ambientes teniendo en cuenta solo las profundidades (z) a las que se encuentran las muestras. Se puede realizar un gráfico (figura 16) en el que se representen los cambios de proporciones entre los hábitats en función de la profundidad de cada muestra, y por tanto en función del tiempo (tiempo relativo). La razón del cambio de estos ambientes son los cambios climáticos.

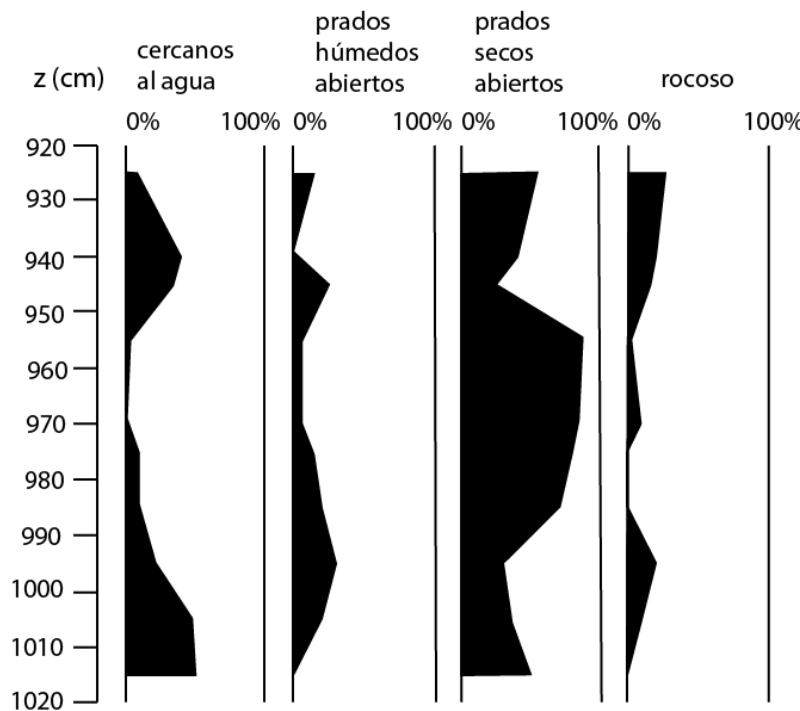


Figura 16. Representación de la sucesión a lo largo de la serie estratigráfica de la proporción de cada tipo de hábitat.

Para realizar la interpretación, además de ver la figura 16, hay que tener en cuenta la riqueza de cada muestra para valorar la representatividad de los datos, ya que en algunas

muestras son muy abundantes y en otras escasos. Esto se puede ver en la tabla 2 del apartado de resultados. Cuanto mayor sea el NMI, mejor es la interpretación que se puede hacer.

De la figura 16 se puede interpretar que durante el depósito de la base de la sucesión, en la parte baja de TD5, a una z: 1020-1020 cm dominan los restos de topillos que viven cercanos al agua y de prados abiertos secos. Esto indicaría un ambiente en general seco en la zona de Atapuerca, por ello los prados secos, sin embargo pasa por la zona el río Arlanzón, por ello la fauna acuática. Que en el gráfico no aparezcan ni de prados húmedos ni de zona rocosa puede deberse a que los restos de topillos son muy escasos en la muestra más baja estratigráficamente, sin embargo como se ve en la tabla 2, también hay erizos (de prados secos también), topos y sorícidos, los cuales se asocian con ambientes más húmedos, probablemente en las zonas más cercanas al ambiente acuático. El que haya fauna de ambientes rocosos se debe principalmente a que el yacimiento es una cueva, por lo tanto siempre debería haber fauna de este hábitat.

A continuación desciende la proporción de habitantes de prados secos para aumentar la de prados húmedos y la de rocosos. La de acuáticos desciende ligeramente. Posiblemente aumentase la humedad en el tiempo de depósito del siguiente nivel (z: 1010-1000 cm)

Este aumento de la humedad general de la zona seguía incrementándose hasta el depósito de z: 1000-900 cm. A partir de aquí aumenta bruscamente la proporción de prados secos abiertos, descendiendo el resto de hábitats, especialmente el rocoso. Los arvicolinos pertenecientes a prados secos aumentan hasta alcanzar casi el 90% en el nivel de z: 960-950 cm. Además de los arvicolinos, hay *Talpa*, indicador de más humedad, aunque se encuentran muy pocos individuos. Por lo tanto hasta este nivel el clima es muy seco, en comparación con la representación de los prados secos pierde relevancia incluso el río, que pasa por la zona.

A partir de este nivel empieza a disminuir la proporción de los prados secos y aumenta el resto, principalmente el acuático. Al aumentar también los prados húmedos, se puede decir que el clima se vuelve más húmedo. A partir de z: 950-940 cm, empieza a aumentar de nuevo la proporción de prados secos abiertos, que continúa aumentando hasta el final de la serie, mientras que los húmedos empiezan a disminuir. Sin embargo la muestra de z: 950-930 cm indica que en este tramo de serie los de ambiente acuático alcanzan su punto máximo mientras que los prados húmedos no tienen representación de arvicolinos (sí hay un *Talpa*), aunque esta muestra es pobre en restos, por lo que puede no ser muy representativa. El ambiente volvería a ser más seco.

A partir de este punto los de prados húmedos vuelven a aumentar, mientras que los cercanos al agua descienden. Los de prados secos siguen aumentando y también los de rocoso, por lo que en general el ambiente sería más húmedo.

Del clima general podemos decir que es seco aunque haya variaciones de humedad, pero siempre domina la fauna de hábitats más secos, incluso a pesar de que pase el río Arlanzón por la zona.

Estos resultados son similares a los obtenidos en otros trabajos anteriores como en Cuenca-Bescós *et al.*, 2005, donde se obtiene mediante micromamíferos que en TD5 dominan los ambientes abiertos y hacia su techo es donde mejor se representa el hábitat rocoso, o en Blain *et al.* 2009, donde se comparan los resultados obtenidos por el estudio de la herpetofauna con los micromamíferos, los grandes mamíferos y el polen y se obtiene que en TD5 los hábitats predominantes son abiertos, más secos en la parte superior que en la inferior, donde la precipitación media anual es mayor (Figura 17).

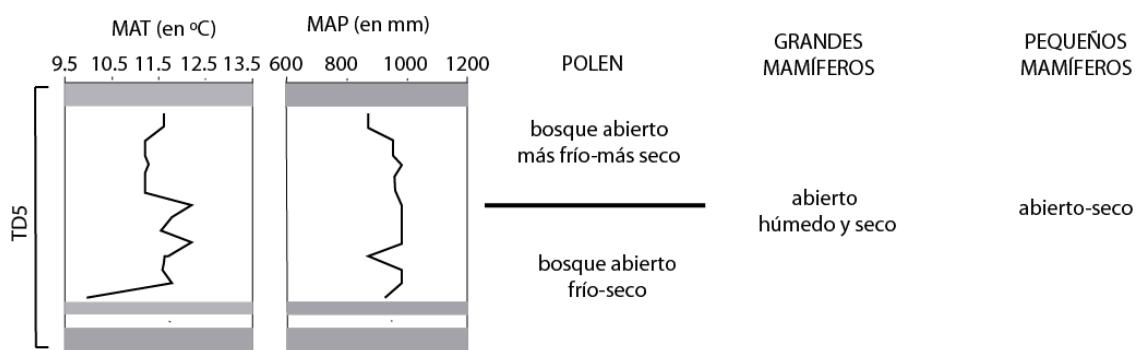


Figura 17. Comparación climática y ambiental entre distintos proxies utilizados en la secuencia de TD5 y reconstrucción de la temperatura media anual (MAT) y la precipitación media anual mediante anfibios y escamosos realizada por Blain *et al.*, 2009. La reconstrucción por polen es de García Antón, 1989, la de grandes mamíferos es de Van der Made, 1998 y García y Arsuaga, 1999 y la de pequeños mamíferos de Cuenca-Bescós *et al.*, 2005. Modificado de Blain *et al.*, 2009.

8.2 Inferencias evolutivas del estudio

Si relacionamos los estudios taxonómicos que se han hecho en el apartado de taxonomía, con la biocronología y la reconstrucción paleoclimática, podemos ver si hay algún tipo de evolución de las especies a lo largo de este tiempo.

El intervalo de tiempo es de la FU3 es de unos 50000 años, viendo la figura 7, que corresponde al depósito de TD5 y TD6, así que al ser el tramo estudiado parte de TD5, sabemos que entre las faunas de la parte inferior del tramo estudiado y las de la zona

superior, hay menos de 50000 años de diferencia de edad. También es de unos 50000 años el intervalo de edad si tomamos los datos de Blain *et al*, 2012.

Normalmente las especies experimentan cambios de tamaño cuando las condiciones para su desarrollo son óptimas, en este caso en el tramo z: 980-950 las condiciones son favorables para *Terricola arvalidens*, como se ve en la figura 16, sin embargo en la figura 13 no se ve ningún cambio de tamaño en los ejemplares de este tramo.

Por lo tanto se concluye que no ha habido una evolución significativa de las especies en este intervalo de tiempo.

9. Conclusions

The morphometric study of the 290 first lower molars of arvicolins of the level TD5 has served to classify them and to see the variation of these species in the time.

By mean of the study of the distribution in the time of the micromammal species of the level TD5 of Gran Dolina and basing on voles, we can see that the climate in Atapuerca in the interval of Lower Pleistocene correspondent to the an age that could be between 850 ky and 900 ky according to some authors or between 950 ky and 1000 ky according to other authors, was principally dry, with open habitats, although the humidity varies, being higher in the lower part of the sequence than in the rest. This fact coincides with other studies of other authors who use other proxies like squamate and amphibian fauna or large mammals.

10. Bibliografía

Bennasar Serra, M. (2005): *Tafonomía de micromamíferos. Metodología y Criterios Tafonómicos para las Interpretaciones Paleoecológicas*. Tesis de licenciatura. Universitat Rovira i Virgili. 133 p.

Bennàsar Serra, M. (2010): *Tafonomía de micromamíferos del Pleistoceno inferior de la Sierra de Atapuerca (Burgos): la Sima del Elefante y la Gran Dolina*. Tesis doctoral. Universitat Rovira i Virgili. 646 p.

Blain, H-A., Bailon, S., Cuenca-Bescós, G., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2009): Long-term climate record inferred from early middle Pleistocene amphibian and squamate reptile assemblages at the Gran Dolina Cave, Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, 56: 55-65.

Blain, H-A., Cuenca-Bescós, G., Lozano-Fernández, I., López-García, J.M., Ollé, A., Rossell, J., Rodríguez, J. (2012): Investigating the Mid-Brunhes Event in the Spanish terrestrial sequence. *Geology*, 40:1051-1054

Cuenca-Bescós, G., Canudo, J.I., Laplana, C. (1995): Los arvicólidos (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., Melero-Rubio, M., Rofes, J., Martínez, I., Arsuaga, J.L., Blain, H-A., López-García, J.M., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M. (2011): The Early-Middle Pleistocene environmental and climatic change and the human expansion in Western Europe: A case study with small vertebrates (Gran Dolina, Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, 60: 481-491.

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. En: Head, M. J., Gibbard, P.L., (eds)(2005). *Early-Middle Pleistocene Transitions: The Land-Ocean Evidence*. Geological Society, London, Special Publications, 247:277-286

Cuenca-Bescós, G., Rofes, J., López-García, J.M., Blain, H-A., De Marfá, R.J., Galindo-Pellicena, M.A., Bennásar-Serra, M.L., Melero-Rudio, M., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2010): Biocronology of Spanish Quaternary small vertebrate faunas. *Quaternary International*, 212: 109-119.

Cuenca-Bescós, G., Rofes, J., López-García, J.M., Blain, H-A., Rabal-Garcés, R., Sauqué, V., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2013): The small mammals of Sima del Elefante (Atapuerca, Spain) and the first entrance of *Homo* in Western Europe. *Quaternary International*, 295, 2013, 28-35. doi:10.1016/j.quaint.2011.12.012

Fernández-Jalvo, Y. (1996): Small mammal taphonomy and the Middle Pleistocene environments of Dolina, Northern Spain. *Quaternary International*, 33: 21-34

García Antón, M., (1989): *Estudio palinológico de los yacimientos mesopleistocenos de Atapuerca (Burgos): Reconstrucción paisajística y paleoclimática*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, 212 p.

García, N., Arsuaga, J.L. (1999) Carnivores from the Early Pleistocene hominid-bearing Trinchera Dolina 6 (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37: 175-190.

Gibbard, P., Kolfschoten, TV. (2004): The Pleistocene and the Holocene epochs. In: Gradstein, F.M., Ogg, J.G.; Smith, A.G. (Eds.), *A Geologic Time Scale*, pp. 441-452.

Gibbard, P., Marcova, A. (2007): Pleistocene chronostratigraphic subdivisions and stratigraphic boundaries in the mammal record. *Quaternary International*, 160: 1-3.

Laplana, C. y Cuenca-Bescós, G. (1998): Precisiones sobre la sistemática de *Iberomys* Chaline, 1972 (Arvicolidae, Rodentia, Mammalia) del Pleistoceno inferior de la Sierra de Atapuerca (Burgos, España). *Geogaceta*, 24: 183-186.

López Antoñanzas, R., Cuenca Bescós, G. (2002): The Gran Dolina site (Lower to Middle Pleistocene, Atapuerca, Burgos, Spain): new palaeoenvironmental data base don the distribution of small mammals. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 186: 311-334.

López-García, J.M., Blain, H-A., De Marfà, R., García, A., Martinell, J., Bennàsar, M.LI., Cuenca-Bescós, G. (2011): Small-mammals from the Middle Pleistocene layers of the Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca, Burgos, northwestern Spain). *Geologica Acta*, 9 (1): 29-43

Lozano-Fernández, I., Cuenca-Bescós, G., Blain, H-A., López-García, J.M., Agustí, J. (2013) *Mimomys savini* size evolution in the Early Pleistocene of south-western Europe and possible biochronological implications. *Quaternary Science Reviews*, 76: 96-101.

Masini, F., Sala, B. (2007): Large and small mammal distribution patterns and chronostratigraphic boundaries from the Late Pliocene to the Middle Pleistocene of the Italian Peninsula. *Quaternary International*, 160, 43-56.

Maul, L.C., Heinrich, W., Parfitt, S. A., Paunescu, A. C. (2007): Comment on the correlation between magnetostratigraphy and the evolution of *Microtus* (Arvicolidae, Rodenti, Mammalia) during the Early and early Middle Pleistocene. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 259: 243-263

Parés, J.M. y Pérez-González, A. (1999): Magnetochronology and stratigraphy at Gran Dolina section, Atapuerca (Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37: 325-342

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 Galería et Dolina (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, 105:27-43.

Van der Made, J., (1998): Ungulates from Gran Dolina (Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternaire*, 9: 267-281.

Van der Meulen, A. (1973): Middle Pleistocene smaller mammals from the Monte Plegia (Orvieto, Italy), with special reference to the Phylogeny of *Microtus* (Arvicolidae, Rodentia). *Quaternaria*, 17:1-144

Wilson, D.E., Reeder, D. M. (2005): *Mammal Species of the World, Third Edition*. Johns Hopkins University Press, 2 volúmenes, 2: 142 pp.

Páginas web y software:

Google Earth: <https://earth.google.es/>

TpsDig 2: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>

ANEXO 1. Tabla de medidas de m1

Muestra	Nº	Especie	L(mm)	w(mm)	a(mm)	c(mm)
ATA'11 TD5-1 T.1 F13 z:920-930	1	<i>Mimomys savini</i>	3,32	1,17	1,36	0,26
	2	<i>Terricola arvalidens</i>	2,90	-	-	-
	3	<i>Terricola arvalidens</i>	2,83	0,89	1,59	0,21
	4	<i>Terricola arvalidens</i>	2,94	-	1,63	0,11
	5	<i>Terricola arvalidens</i>	3,10	0,92	1,72	0,16
	6	<i>Terricola arvalidens</i>	3,10	0,92	1,69	0,17
	7	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,90	0,86	1,47	0,15
	8	<i>Terricola arvalidens</i>	2,86	0,90	1,57	0,16
	9	<i>Terricola arvalidens</i>	2,86	0,90	1,51	0,13
	10	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,94	1,03	1,62	0,04
	11	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,98	1,15	1,53	0,05
	12	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,96	1,04	1,56	0,05
	13	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,99	1,11	1,59	0,05
	14	<i>Terricola arvalidens</i>	2,87	1,08	1,62	0,05
	15	<i>Terricola arvalidens</i>	2,95	1,01	1,61	0,10
	16	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,50	0,86	1,19	0,19
	17	<i>Mimomys savini</i>	3,20	1,25	1,56	0,26
	18	<i>Terricola arvalidens</i>	2,97	0,94	1,62	0,09
	19	<i>Allophaiomys chalinei</i>	2,62	0,79	1,23	0,18
	20	<i>Terricola arvalidens</i>	2,64	0,85	1,43	0,12
	21	<i>Terricola arvalidens</i>	2,80	0,93	1,23	0,12
	22	<i>Terricola arvalidens</i>	2,67	0,83	1,45	0,11
	23	<i>Mimomys savini</i>	3,09	1,11	1,02	0,31
	24	<i>Mimomys savini</i>	3,30	1,16	1,36	0,36
	25	<i>Terricola arvalidens</i>	2,90	0,83	1,61	0,15
	26	<i>Terricola arvalidens</i>	2,71	0,78	1,51	0,18
	27	<i>Terricola arvalidens</i>	2,86	0,86	1,63	0,14
	28	<i>Terricola arvalidens</i>	2,93	0,84	1,62	0,20
	29	<i>Terricola arvalidens</i>	2,90	0,90	1,59	0,18
	30	<i>Terricola arvalidens</i>	2,77	0,87	1,42	0,15
	31	<i>Terricola arvalidens</i>	3,03	0,87	1,70	0,12
	32	<i>Terricola arvalidens</i>	-	0,87	-	0,15
	33	<i>Pliomys episcopalis</i>	3,03	1,00	1,58	0,07
	34	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,89	0,99	1,52	0,04
	35	<i>Pliomys episcopalis</i>	-	1,06	-	0,06
	36	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,75	1,03	1,46	0,07
	37	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,94	0,99	1,59	0,05
	38	<i>Terricola arvalidens</i>	2,76	0,87	1,62	0,11
	39	<i>Terricola arvalidens</i>	2,66	0,86	1,44	0,14
	40	<i>Terricola arvalidens</i>	2,91	0,99	1,59	0,15
	41	<i>Terricola arvalidens</i>	2,76	0,91	1,50	0,12

	42	<i>Terricola arvalidens</i>	-	0,88	1,56	0,14
	43	<i>Pliomys episcopalalis</i>	3,19	1,03	1,67	0,02
ATA'11 TD5-1 T.3/1 G9 z:930-950	1	<i>Terricola arvalidens</i>	2,78	0,83	1,55	0,14
	2	<i>Terricola arvalidens</i>	2,71	0,93	1,40	0,19
	3	<i>Pliomys episcopalalis</i>	2,58	1,01	1,43	0,07
	4	<i>Mimomys savini</i>	3,62	1,28	1,52	0,34
	5	<i>Mimomys savini</i>	3,47	1,32	1,46	0,33
	6	<i>Mimomys savini</i>	3,57	1,20	1,49	0,31
ATA'11 TD5-1 T.2 G12 z:940-950	1	<i>Iberomys huescarensis</i>	3,08	0,96	1,49	0,05
	2	<i>Terricola arvalidens</i>	2,88	0,88	1,60	0,11
	3	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,79	0,95	1,45	0,20
	4	<i>Terricola arvalidens</i>	3,13	0,86	1,63	0,11
	5	<i>Terricola arvalidens</i>	-	0,79	1,55	0,13
	6	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,88	0,77	1,49	0,17
	7	<i>Mimomys savini</i>	3,53	1,33	1,97	0,30
	8	<i>Mimomys savini</i>	3,33	1,22	1,48	0,31
	9	<i>Mimomys savini</i>	-	1,32	2,19	0,16
	10	<i>Mimomys savini</i>	2,89	1,10	1,52	0,36
	11	<i>Pliomys episcopalalis</i>	3,00	1,09	1,62	0,19
	12	<i>Pliomys episcopalalis</i>	-	1,00	1,46	0,05
	13	<i>Pliomys episcopalalis</i>	2,94	0,95	1,53	0,01
ATA'11 TD5-2 T.1 F13 z:950-960	1	<i>Terricola arvalidens</i>	2,77	0,92	1,48	0,15
	2	<i>Terricola arvalidens</i>	2,81	0,95	1,54	0,12
	3	<i>Terricola arvalidens</i>	2,65	0,88	1,48	0,11
	4	<i>Terricola arvalidens</i>	2,67	0,75	1,48	0,11
	5	<i>Terricola arvalidens</i>	2,78	0,84	1,49	0,11
	6	<i>Terricola arvalidens</i>	2,77	0,95	1,41	0,17
	7	<i>Terricola arvalidens</i>	-	0,94	-	0,08
	8	<i>Terricola arvalidens</i>	2,68	0,89	1,40	0,13
	9	<i>Terricola arvalidens</i>	2,74	0,86	1,44	0,11
	10	<i>Terricola arvalidens</i>	2,78	0,90	1,52	0,12
	11	<i>Terricola arvalidens</i>	2,65	0,84	1,47	0,13
	12	<i>Terricola arvalidens</i>	2,92	0,92	1,65	0,11
	13	<i>Terricola arvalidens</i>	2,68	0,84	1,46	0,08
	14	<i>Terricola arvalidens</i>	2,70	0,83	1,46	0,16
	15	<i>Terricola arvalidens</i>	2,79	0,95	1,55	0,12
	16	<i>Terricola arvalidens</i>	2,73	0,89	1,53	0,10
	17	<i>Terricola arvalidens</i>	2,95	0,88	1,59	0,04
	18	<i>Terricola arvalidens</i>	2,82	0,91	1,60	0,14
	19	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,60	0,95	1,31	0,15
	20	<i>Terricola arvalidens</i>	2,69	0,88	1,45	0,14
	21	<i>Terricola arvalidens</i>	2,68	0,88	1,49	0,05
	22	<i>Terricola arvalidens</i>	2,64	0,84	1,42	0,13
	23	<i>Terricola arvalidens</i>	2,76	0,85	1,42	0,15
	24	<i>Terricola arvalidens</i>	2,80	0,90	1,61	0,12

ATA'11 TD5-2 T.1 F13 z:950- 960	25	<i>Terricola arvalidens</i>	2,68	0,81	1,48	0,12
	26	<i>Terricola arvalidens</i>	2,69	0,89	1,46	0,15
	27	<i>Terricola arvalidens</i>	2,76	0,93	1,49	0,17
	28	<i>Terricola arvalidens</i>	2,66	0,88	1,43	0,10
	29	<i>Terricola arvalidens</i>	2,58	0,82	1,45	0,15
	30	<i>Terricola arvalidens</i>	2,61	0,80	1,43	0,12
	31	<i>Terricola arvalidens</i>	2,61	0,84	1,38	0,15
	32	<i>Terricola arvalidens</i>	2,85	0,88	1,53	0,11
	33	<i>Mimomys savini</i>	3,38	1,09	1,44	0,30
	34	<i>Terricola arvalidens</i>	2,97	0,89	1,65	0,12
	35	<i>Terricola arvalidens</i>	2,81	0,78	1,52	0,16
	36	<i>Terricola arvalidens</i>	2,84	0,80	1,56	0,18
	37	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,72	0,96	1,39	0,15
	38	<i>Terricola arvalidens</i>	2,82	0,89	1,59	0,20
	39	<i>Terricola arvalidens</i>	2,71	0,81	1,32	0,12
	40	<i>Terricola arvalidens</i>	2,93	0,91	1,61	0,17
	41	<i>Terricola arvalidens</i>	2,91	0,87	1,60	0,13
	42	<i>Terricola arvalidens</i>	2,69	0,77	1,41	0,12
	43	<i>Terricola arvalidens</i>	2,68	0,85	1,50	0,08
	44	<i>Terricola arvalidens</i>	2,70	0,85	1,46	0,11
	45	<i>Terricola arvalidens</i>	2,76	0,80	1,52	0,14
	46	<i>Terricola arvalidens</i>	2,75	0,89	1,53	0,13
	47	<i>Terricola arvalidens</i>	2,82	0,83	1,49	0,18
	48	<i>Terricola arvalidens</i>	2,71	0,90	1,44	0,19
	49	<i>Terricola arvalidens</i>	2,75	0,91	1,55	0,13
	50	<i>Terricola arvalidens</i>	2,64	-	1,52	-
	51	<i>Terricola arvalidens</i>	2,61	0,81	1,44	0,13
	52	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,78	0,89	1,49	0,14
	53	<i>Terricola arvalidens</i>	2,69	0,89	1,49	0,15
	54	<i>Terricola arvalidens</i>	2,66	0,84	1,44	0,16
	55	<i>Terricola arvalidens</i>	2,80	-	-	0,16
	56	<i>Terricola arvalidens</i>	2,61	0,77	1,44	0,17
	57	<i>Terricola arvalidens</i>	2,85	0,77	1,61	0,16
	58	<i>Terricola arvalidens</i>	2,68	0,81	1,45	0,20
	59	<i>Terricola arvalidens</i>	2,96	-	1,67	-
	60	<i>Terricola arvalidens</i>	2,78	0,85	1,50	0,18
	61	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,70	0,88	1,39	0,08
ATA'11 TD5-1 T.3/4 F12 z:960-980	1	<i>Pliomys episcopalis</i>	3,09	1,17	1,31	0,26
	2	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,97	0,94	1,48	0,10
	3	<i>Terricola arvalidens</i>	2,91	0,96	1,54	0,15
	4	<i>Terricola arvalidens</i>	2,70	0,87	1,43	0,14
	5	<i>Terricola arvalidens</i>	2,85	0,92	1,62	0,16
	6	<i>Terricola arvalidens</i>	2,95	0,96	1,65	0,11
	7	<i>Terricola arvalidens</i>	2,66	0,86	1,45	0,09
	8	<i>Terricola arvalidens</i>	2,89	0,86	1,60	0,11

ATA'11 TD5-1 T.3/4 F12 z:960-980	9	<i>Terricola arvalidens</i>	2,74	0,77	1,56	0,14
	10	<i>Terricola arvalidens</i>	2,65	0,90	1,40	0,11
	11	<i>Terricola arvalidens</i>	2,71	0,82	1,51	0,17
	12	<i>Terricola arvalidens</i>	2,65	0,87	1,46	0,14
	13	<i>Terricola arvalidens</i>	2,78	0,88	1,48	0,07
	14	<i>Terricola arvalidens</i>	2,73	0,87	1,49	0,13
	15	<i>Terricola arvalidens</i>	2,80	0,82	1,57	0,09
	16	<i>Terricola arvalidens</i>	2,76	0,97	1,36	0,15
	17	<i>Terricola arvalidens</i>	2,91	0,83	1,66	0,16
	18	<i>Terricola arvalidens</i>	2,28	0,67	1,12	0,15
	19	<i>Terricola arvalidens</i>	2,87	0,82	1,63	0,13
	20	<i>Terricola arvalidens</i>	2,99	0,97	1,65	0,22
	21	<i>Terricola arvalidens</i>	2,93	0,76	1,59	0,19
	22	<i>Terricola arvalidens</i>	2,93	0,91	1,72	0,15
	23	<i>Terricola arvalidens</i>	2,58	0,86	1,41	0,15
	24	<i>Terricola arvalidens</i>	2,91	0,85	1,60	0,12
	25	<i>Terricola arvalidens</i>	2,55	0,88	1,38	0,15
	26	<i>Terricola arvalidens</i>	2,73	0,75	1,44	0,18
	27	<i>Iberomys huiscarensis</i>	2,68	0,91	1,36	0,12
	28	<i>Terricola arvalidens</i>	2,67	0,85	1,51	0,17
	29	<i>Terricola arvalidens</i>	2,86	0,85	1,60	0,07
	30	<i>Terricola arvalidens</i>	2,79	0,87	1,50	0,15
	31	<i>Terricola arvalidens</i>	2,89	0,86	1,54	0,14
	32	<i>Terricola arvalidens</i>	2,61	0,80	1,31	0,18
	33	<i>Terricola arvalidens</i>	2,71	0,72	1,46	0,15
	34	<i>Terricola arvalidens</i>	2,84	0,82	1,61	0,20
	35	<i>Terricola arvalidens</i>	3,11	0,93	1,71	0,18
	36	<i>Terricola arvalidens</i>	2,61	0,95	1,39	0,22
	37	<i>Terricola arvalidens</i>	2,54	0,75	1,39	0,22
	38	<i>Terricola arvalidens</i>	2,58	0,91	1,46	0,15
	39	<i>Terricola arvalidens</i>	-	-	1,51	0,16
	40	<i>Terricola arvalidens</i>	-	0,89	1,41	0,17
	41	<i>Terricola arvalidens</i>	2,81	0,90	1,57	0,10
	42	<i>Terricola arvalidens</i>	2,95	0,86	1,59	0,15
	43	<i>Terricola arvalidens</i>	2,85	0,87	1,61	0,15
	44	<i>Terricola arvalidens</i>	2,97	1,02	1,61	0,08
	45	<i>Pliomys episcopalis</i>	3,09	1,04	1,56	0,05
	46	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,81	1,01	1,45	0,15
	47	<i>Terricola arvalidens</i>	2,71	0,90	1,44	0,11
	48	<i>Pliomys episcopalis</i>	3,05	1,01	1,44	0,11
	49	<i>Terricola arvalidens</i>	2,94	0,88	1,58	0,09
	50	<i>Terricola arvalidens</i>	2,96	0,94	1,65	0,14
	51	<i>Terricola arvalidens</i>	2,86	-	1,56	0,11
	52	<i>Terricola arvalidens</i>	2,74	0,81	1,59	0,10
	53	<i>Terricola arvalidens</i>	3,18	0,99	1,66	0,17

ATA'11 TD5-1 T.3/4 F12 z:960-980	54	<i>Terricola arvalidens</i>	2,80	0,84	1,56	0,09
	55	<i>Terricola arvalidens</i>	2,85	0,84	1,58	0,15
	56	<i>Terricola arvalidens</i>	2,78	0,88	1,53	0,19
	57	<i>Terricola arvalidens</i>	2,59	0,83	1,35	0,14
	58	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,72	0,82	1,33	0,21
	59	<i>Terricola arvalidens</i>	3,08	0,91	1,72	0,17
	60	<i>Terricola arvalidens</i>	2,93	0,88	1,62	0,20
ATA'11 TD5.1 T.5 G11 z:970-980	1	<i>Terricola arvalidens</i>	2,66	0,88	1,42	0,16
	2	<i>Terricola arvalidens</i>	2,65	0,86	1,41	0,14
	3	<i>Terricola arvalidens</i>	2,89	0,94	1,55	0,09
	4	<i>Terricola arvalidens</i>	2,89	0,87	1,64	0,13
	5	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,70	0,90	1,44	-
	6	<i>Terricola arvalidens</i>	2,64	0,85	1,36	0,15
	7	<i>Terricola arvalidens</i>	2,88	0,85	1,56	0,13
	8	<i>Terricola arvalidens</i>	2,81	0,94	1,51	0,11
	9	<i>Terricola arvalidens</i>	2,69	0,87	1,43	0,16
	10	<i>Terricola arvalidens</i>	2,80	0,77	1,53	0,16
	11	<i>Terricola arvalidens</i>	2,84	0,89	1,60	0,15
	12	<i>Terricola arvalidens</i>	2,85	0,91	1,53	0,17
	13	<i>Mimomys savini</i>	3,23	1,17	1,47	-
	14	<i>Allophaiomys chalinei</i>	3,16	1,15	1,42	0,25
	15	<i>Terricola arvalidens</i>	2,97	0,89	1,57	0,16
	16	<i>Terricola arvalidens</i>	2,68	0,86	1,48	0,15
	17	<i>Terricola arvalidens</i>	2,83	0,93	1,42	0,22
	18	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,89	0,91	1,52	0,17
	19	<i>Terricola arvalidens</i>	2,72	0,85	1,59	0,11
	20	<i>Terricola arvalidens</i>	2,69	0,89	1,51	0,12
	21	<i>Terricola arvalidens</i>	2,63	0,75	1,39	0,12
	22	<i>Terricola arvalidens</i>	2,87	0,93	1,63	0,13
	23	<i>Terricola arvalidens</i>	2,69	0,87	1,49	0,12
	24	<i>Terricola arvalidens</i>	2,93	0,86	1,69	0,12
	25	<i>Terricola arvalidens</i>	2,87	0,92	1,68	0,13
	26	<i>Terricola arvalidens</i>	2,98	0,89	1,67	0,14
	27	<i>Terricola arvalidens</i>	2,90	0,87	1,65	0,14
	28	<i>Terricola arvalidens</i>	2,58	0,79	1,38	0,17
	29	<i>Terricola arvalidens</i>	2,70	0,94	1,48	0,18
	30	<i>Terricola arvalidens</i>	2,80	0,83	1,55	0,19
	31	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,92	0,90	1,49	0,20
	32	<i>Terricola arvalidens</i>	2,72	0,84	1,50	0,17
	33	<i>Terricola arvalidens</i>	2,76	0,91	1,58	0,12
	34	<i>Terricola arvalidens</i>	2,87	0,84	1,56	0,21
	35	<i>Mimomys savini</i>	3,49	1,28	1,58	0,23
	36	<i>Mimomys savini</i>	3,36	1,27	1,55	0,25
	37	<i>Terricola arvalidens</i>	2,47	0,84	1,18	0,13
	38	<i>Terricola arvalidens</i>	3,04	0,91	1,70	0,13

	39	<i>Terricola arvalidens</i>	2,94	0,83	1,64	0,13
	40	<i>Terricola arvalidens</i>	2,77	0,82	1,53	0,13
	41	<i>Terricola arvalidens</i>	2,65	0,85	1,46	0,10
ATA'11 TD5-1 T.5 F12 z:980-990	1	<i>Terricola arvalidens</i>	2,66	0,88	1,46	0,12
	2	<i>Terricola arvalidens</i>	2,90	0,89	1,55	0,12
	3	<i>Terricola arvalidens</i>	2,84	0,93	1,60	0,10
	4	<i>Terricola arvalidens</i>	2,92	0,85	1,63	0,17
	5	<i>Terricola arvalidens</i>	2,73	0,84	1,44	0,13
	6	<i>Terricola arvalidens</i>	2,83	0,93	1,54	0,11
	7	<i>Mimomys savini</i>	3,41	1,06	1,47	0,36
	8	<i>Mimomys savini</i>	3,10	1,10	1,35	0,20
	9	<i>Terricola arvalidens</i>	2,96	0,93	1,70	0,16
	10	<i>Terricola arvalidens</i>	2,80	0,84	1,55	0,11
	11	<i>Terricola arvalidens</i>	2,94	0,96	1,64	0,16
	12	<i>Terricola arvalidens</i>	2,88	0,86	1,57	0,15
	13	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,92	0,92	1,61	0,18
	14	<i>Iberomys huescarensis</i>	3,03	1,02	1,63	0,14
	15	<i>Terricola arvalidens</i>	2,90	0,94	1,47	0,14
	16	<i>Terricola arvalidens</i>	2,66	0,81	1,46	0,10
	17	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,48	0,85	1,37	0,17
	18	<i>Terricola arvalidens</i>	2,71	0,85	1,45	0,19
	19	<i>Terricola arvalidens</i>	2,41	0,80	1,26	0,14
	20	<i>Terricola arvalidens</i>	2,77	0,85	1,53	0,18
	21	<i>Terricola arvalidens</i>	-	0,91	-	0,07
	22	<i>Stenocranius gregaloides</i>	2,85	0,87	1,46	0,15
	23	<i>Terricola arvalidens</i>	2,75	0,87	1,46	0,11
	24	<i>Stenocranius gregaloides</i>	2,57	0,83	1,30	0,29
	25	<i>Terricola arvalidens</i>	2,68	0,86	1,44	0,17
	26	<i>Terricola arvalidens</i>	2,64	0,88	1,44	0,13
	27	<i>Terricola arvalidens</i>	2,60	0,90	1,41	0,17
	28	<i>Terricola arvalidens</i>	2,73	0,89	1,56	0,13
	29	<i>Terricola arvalidens</i>	2,69	0,83	1,51	0,16
	30	<i>Terricola arvalidens</i>	2,69	0,87	1,40	0,13
	31	<i>Terricola arvalidens</i>	2,54	0,89	1,34	0,14
	32	<i>Terricola arvalidens</i>	2,65	0,82	1,41	0,14
	33	<i>Mimomys savini</i>	3,31	1,12	1,36	0,28
	34	<i>Mimomys savini</i>	3,34	1,10	1,70	0,11
ATA'12 TD5.2.2 E11 z:990- 1000	1	<i>Terricola arvalidens</i>	2,73	0,79	1,46	0,13
	2	<i>Terricola arvalidens</i>	-	0,91	-	0,17
	3	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,74	0,96	1,45	0,03
	4	<i>Terricola arvalidens</i>	2,76	0,87	1,48	0,19
	5	<i>Terricola arvalidens</i>	2,68	0,83	1,44	0,13
	6	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,57	0,92	1,29	0,19
	7	<i>Terricola arvalidens</i>	2,82	0,82	1,47	0,20
	8	<i>Iberomys huescarensis</i>	2,69	0,86	1,29	0,15

ATA'12 TD5.2.2 E11 z:990- 1000	9	<i>Iberomys huiscarensis</i>	2,82	0,80	1,43	0,16
	10	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,43	0,92	1,30	0,05
	11	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,77	1,11	1,45	0,06
	12	<i>Mimomys savini</i>	3,43	1,14	1,54	0,22
	13	<i>Mimomys savini</i>	3,51	1,15	1,56	0,22
ATA'11 TD5.2 T.1 G12 z:1000- 1010	1	<i>Mimomys savini</i>	3,40	1,30	1,22	0,28
	2	<i>Terricola arvalidens</i>	2,89	0,94	1,60	0,10
	3	<i>Terricola arvalidens</i>	2,91	0,93	1,60	0,18
	4	<i>Terricola arvalidens</i>	2,79	0,86	1,47	0,17
	5	<i>Terricola arvalidens</i>	2,61	0,90	1,41	0,06
	6	<i>Terricola arvalidens</i>	3,01	0,83	1,64	0,20
	7	<i>Iberomys huiscarensis</i>	2,54	0,85	1,26	0,17
	8	<i>Terricola arvalidens</i>	2,57	0,92	1,32	0,18
	9	<i>Mimomys savini</i>	-	1,25	1,29	0,21
	10	<i>Mimomys savini</i>	3,61	1,20	1,51	0,24
	11	<i>Mimomys savini</i>	3,45	1,23	1,63	0,12
	12	<i>Mimomys savini</i>	3,59	1,11	1,57	0,23
	13	<i>Mimomys savini</i>	3,40	1,14	1,56	0,15
	14	<i>Mimomys savini</i>	3,35	1,19	1,52	0,24
	15	<i>Mimomys savini</i>	3,75	1,34	1,73	0,28
	16	<i>Mimomys savini</i>	3,61	1,19	1,49	0,30
	17	<i>Pliomys episcopalis</i>	2,60	1,01	1,45	0,15
ATA'12 TD5-2/3 G14 z:1010- 1020	1	<i>Terricola arvalidens</i>	2,84	0,89	1,50	0,12
	2	<i>Mimomys savini</i>	3,48	1,31	1,60	0,24