

Biometría mandibular y dentaria de las musarañas del género *Sorex* Linnaeus, 1758 en la región central y occidental de los Pirineos

Biometry of the mandibles and dentition of the shrews of the genus *Sorex* Linnaeus, 1758 from the central and western region of the Pyrenees

Raquel Moya-Costa* & Gloria Cuenca-Bescós

Aragosaurus-IUCA, Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza, España

*Autor para correspondencia: raquelmc@unizar.es

Resumen

Se han medido 98 mandíbulas y 717 dientes de ejemplares de *Sorex* (Soricidae, Eulipotyphla) del Pirineo aragonés, navarro y vasco. El material, de la colección del Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), proviene de egagrópilas recogidas entre 1967 y 1969. Las muestras se han reclasificado utilizando criterios óseos morfológicos, biométricos y funciones discriminantes, resultando pertenecer a las especies *Sorex minutus* y *Sorex coronatus*. El estudio de *S. coronatus* es interesante ya que por su similitud con *S. araneus* y *Sorex granarius* se suelen confundir cuando sólo se cuenta con restos óseos y por tanto la información sobre cada especie en la península Ibérica y especialmente en Aragón es escasa. Por esta razón normalmente se agrupan ambas especies como *Sorex* sp. El análisis de las medidas muestra que hay una diferencia entre las poblaciones occidentales y las orientales del área estudiada. En general decrecen en tamaño mandibular hacia el oeste, y son más grandes en zonas con mayor influencia mediterránea que en las de influencia atlántica. Aunque las medidas más adecuadas para observar este fenómeno son las mandibulares, las medidas dentales permiten la comparación de los resultados con datos bibliográficos de material paleontológico, del que no se suelen conservar mandíbulas completas.

Palabras clave: egagrópilas, musaraña, Soricidae, osteometría, variabilidad geográfica.

Abstract

We have measured 98 mandibles and 717 teeth of shrews of *Sorex* (Soricidae, Eulipotyphla) of the Aragonian, Navarre and Vasc Pyrenees. The material comes from owl pellets recovered between 1967 and 1969 and takes part of the collection of the *Instituto Pirenaico de Ecología* (IPE-CSIC). The material has been reclassified using osseous criteria, biometrics and discriminant functions, obtaining that these species are *Sorex coronatus* and *Sorex minutus*. The study of *S. coronatus* is interesting because it is similar to *S. araneus* and *Sorex granarius* so it is easy to confuse them if we only have bones and teeth. For this reason, people usually group them as *Sorex* sp. As consequence, the information about them in the Iberian Peninsula is scarce, and especially in Aragón. The analyses of the measurements show that there is a difference among the occidental populations and the oriental zones of the area studied. In general, values decrease to the west; they are larger in the zones with a Mediterranean influence than in the Atlantic ones. The most useful measurements to compare them are the measurements of mandibles. On the other hand, the measurements of teeth allow the comparison with bibliographic data of palaeontological material that consists mainly of incomplete mandibles.

Keywords: geographic variability, osteometry, owl pellets, shrew, Soricidae.

Introducción

Los Pirineos son una cordillera que actúa como barrera geográfica entre la península Ibérica y el resto de Europa continental. Por esta razón la península es de gran interés biogeográfico ya que durante las glaciaciones del Cuaternario actuó como refugio climático de las faunas europeas. En esta situación dichas faunas se han visto afectadas por una influencia climática proveniente del norte de África.

En el caso concreto de los Eulipotiflos, al comparar diferentes sectores de la península Ibérica como hicieron Real *et al.* (1996), se observó que no se distribuyen homogéneamente en la cordillera pirenaica. En la parte occidental, coincidiendo con País Vasco, Navarra y Aragón, las faunas son más similares a las del sur; mientras que en la oriental, en Cataluña, las asociaciones son más parecidas a las de Francia. Tanto en ese trabajo como en Palomo *et al.* (2007), que resume las distribuciones de todos los mamíferos terrestres de España, se extrae que las especies del género *Sorex* en los Pirineos son: *Sorex araneus* Linnaeus, 1758, *Sorex coronatus* Millet, 1828, *Sorex granarius* Miller, 1910 y *Sorex minutus* Linnaeus, 1766, es decir, todos los *Sorex* de la península Ibérica. *S. araneus* estaría presente sólo en la zona oriental, *S. coronatus* en la central y occidental, *S. granarius* sólo en el extremo occidental y *S. minutus* en todos los Pirineos, aunque es menos abundante en el central.

Aunque hay algunos estudios de Sorícidos en los Pirineos, son muy escasos en el área central, sobre todo en Aragón. Los trabajos de detalle en este área (Vericad 1966, 1970, 1973) reportan la presencia de *Crocidura russula* (Hermann, 1780), *Neomys fodiens* (Pennat, 1771), *S. araneus*, *S. araneus pyrenaicus*, *S. minutus* y *Suncus etruscus* (Savi, 1822). Sin embargo en Vericad (1970) se indica que para la fecha en que se realiza el estudio, *S. araneus* estaba siendo revisada y que probablemente las identificaciones cambiasen más adelante porque observaba patrones diferentes en el pelaje. Casteig & Escala (1988) propondrán más tarde que ese *S. araneus* de los Pirineos podría ser en realidad *S. coronatus*.

Las revisiones a las que se refiere Vericad (1970) son las de Meylan (1964), que distingue dos grupos cromosómicos de *S. araneus* a los que denomina

A y B. Para diferenciar ambos grupos en Europa usando tan sólo la biometría de la mandíbula, Hausser & Jammot (1974) desarrollan una función discriminante. Más tarde Meylan & Hausser (1978) asignan al grupo A el nombre de *S. coronatus* y al B lo mantienen como *S. araneus*.

López-Fuster & Ventura (1996) adaptan la función discriminante a los especímenes de la península porque en general las mismas especies son más pequeñas que en Europa. Esta adaptación da lugar a dos funciones no sólo para diferenciar *S. araneus* de *S. coronatus*, sino también para distinguir *S. coronatus* de *S. granarius*, resultando de gran utilidad ya que son muy similares y sus distribuciones biogeográficas coinciden en algunas zonas. López-Fuster & Ventura (1996) observaron también que tanto *S. araneus* como *S. coronatus* disminuyen en tamaño de este a oeste de forma que *S. coronatus* se solapa en tamaño con *S. araneus* en el límite oriental de su distribución y con *S. granarius* en el occidental. *S. granarius* aumenta en tamaño de sur a norte. La desventaja de esta función es que al ser más precisa, también está más restringida a una zona concreta.

Nuestro objetivo es estudiar el género *Sorex* en la región central-occidental de los Pirineos, especialmente del aragonés, compararlos con los de Navarra y País Vasco y con datos bibliográficos del resto de la península, tanto actuales como del pasado. Concretamente identificar las especies del género *Sorex* en este área para ver si las especies son las esperadas con los datos de distribución actuales (*S. minutus* y *S. coronatus*), si se confirma la presencia de las especies que se identificaron en la década de 1970 (*S. araneus*) o si pudieran encontrarse ejemplares de zonas colindantes de los Pirineos, difíciles de diferenciar (*S. granarius* o *S. araneus*). Las identificaciones se harán con medidas mandibulares. Las comparaciones entre los *Sorex* de distintas zonas se harán con medidas mandibulares y dentales para ver si se cumple el patrón general de disminución de tamaño de *S. coronatus* hacia el oeste.

Material y métodos

El material utilizado para este estudio es parte de la colección del Instituto Pirenaico de Ecología (IPE, CSIC). Consiste en 98 mandíbulas y 47 cráneos,

con un total de 717 dientes, de *Soricinos* extraídas de egagrópilas. Las mandíbulas son derechas e izquierdas y al estar limpias y mezcladas según la localidad no podemos saber exactamente cuáles y qué cráneos corresponden al mismo individuo. En la Tabla 1 se resumen el número de mandíbulas derechas e izquierdas y de cráneos analizados, así como el número mínimo de individuos calculado para cada muestra (NMI). La mayor parte de este material, de acuerdo con las etiquetas originales, se recolectó entre 1967 y 1969 y los resultados de su análisis se publicaron en Vericad (1970). El material restante podría haber sido estudiado en otros trabajos de Vericad (1966, 1973) ya que corresponde a las mismas localidades. Las egagrópilas se recogieron en 14 puntos diferentes del Pirineo centro-occidental: Berástegui en Guipúzcoa, Aizcorbe en Navarra, Sierra Nobla en Zaragoza y Cerzún, San Juan de la Peña, Torre del Moro, Pajar río Gas, a 1km de Jaca, Acín, Abena, Lárrede, ermita de San Juan, Basarán y Escuaín en Huesca. En la Figura 1 se indica la situación geográfica de cada una de estas localidades. Algunas muestras de la colección no estaban referenciadas en los trabajos de Vericad (1966, 1970) como son las de Escuaín, Aizcorbe y Acín.

Clasificación de las especies y biometría

Las identificaciones en las etiquetas del material dadas por Vericad (1966, 1970) indican que corresponden a las especies *S. araneus*, *S. araneus pyrenaicus* y *S. minutus*, además de quedar otras sin identificar.

En este trabajo se han reclasificado las muestras para actualizar la identificación de las especies. La clasificación por la morfología de las mandíbulas se ha hecho utilizando los criterios de Chaline *et al.* (1974), Hausser & Jammot (1974) y Reumer (1984, 1996).

Después se han tomado distintas medidas de las mandíbulas y los dientes de cada ejemplar. Unas para aplicar las funciones discriminantes y clasificar las muestras, y otras para comparar poblaciones. Todas las medidas se han tomado de la misma forma. Para ello se han fotografiado las mandíbulas en vista labial y lingual y los dientes en vista oclusal, utilizando una lupa trinocular Olympus SZ61 y una cámara Olympus Soft Imaging Solutions LC20 acoplada. Las medidas se han tomado sobre estas imágenes usando la aplicación informática TpsDig v.2.17 (Rohlf 2013).

Tabla 1. Resumen del material medido de cada muestra. NMI= número mínimo de individuos en cada muestra.

	nº cráneos	nº mand dchas	nº mand izdas	NMI
<i>Sorex minutus</i>				
Aizcorbe	4	4	3	4
<i>Sorex araneus-coronatus-granarius</i>				
Berástegui	2	2	1	2
Aizcorbe	15	12	12	15
Sierra Nobla		4	4	4
Cerzún		3		3
San Juan de la Peña		2	2	5
Torre del Moro		7	5	7
Pajar Río Gas		5	5	5
A 1 km de Jaca	1	1	1	1
Acín	1	1	1	1
Abena		2	1	2
Lárrede		1		1
Ermita de San Juan	16	3	3	16
Basarán	1	1	1	1
Escuaín	7	6	5	7



Figura 1. Localidades de origen de las egagrópilas de la colección IPE, CSIC, de las que se extrajeron las mandíbulas y cráneos estudiados. Se indican las coordenadas decimales de cada localidad. 1. Berástegui (43.12415, -1.979159) , 2. Aizcorbe (42.914167, -1.809722), 3. Sierra Nobla (42.5757699, -0.9671824), 4. Cerzún (43.081364, -0.840454), 5. San Juan de la Peña (42.5078408, -0.6668454), 6. Torre del Moro (42.5311268, -0.6260897), 7. Pajar río Gas (42.5676395, -0.6267639), 8. A 1km de Jaca (42.5717166, -0.5470554), 9. Acín (42.6284258, -0.4618741), 10. Abena (42.512318, -0.4560425), 11. Lárrede (42.5528989, -0.3166897), 12. Ermita de San Juan (42.5588671, -0.3153984), 13. Basarán (42.5383536, -0.1892061) y 14. Escuaín (42.5960647, 0.1294638).

Terminología aplicada a los dientes y medidas tomadas

Una letra para cada tipo de diente: “i” para incisivo, “a” para antermolar, “p” para premolar y “m” para molar. Para la dentición inferior en minúscula, mientras que para la superior en mayúscula. El número junto al diente indica su posición, siendo la dentición superior de *Sorex* en orden antero-posterior: I1, A1, A2, A3, A4, A5, P4, M1, M2, M3. Y la inferior: i1, a1, p4, m1, m2, m3.

Todas las medidas mandibulares y dentales son lineales y se han tomado en milímetros. Las medidas tomadas en las mandíbulas para aplicar las funciones discriminantes de Hausser & Jammot (1974) y de López-Fuster & Ventura (1996) se muestran en la Figura 2 y son las siguientes: α , longitud labial de la mandíbula sin el proceso angular; β , longitud del proceso articular; γ , inclinación del proceso coronoides; δ , foramen mandibular; HC, altura del proceso coronoides; LDS, longitud de la serie dental inferior; ML, longitud de la mandíbula.

El resto de medidas mandibulares y dentales se definieron por Reumer (1984) salvo las medidas de la altura de la rama horizontal, definidas por Rabeder (1972), Rofes (2009) y Rofes & Cuenca-Bescós (2009). Estas medidas se muestran también en la Figura 2 y son las siguientes:

Medidas mandibulares: Lmand, longitud de la mandíbula considerándose desde el foramen mentoniano hasta el punto más alto de la base; Hmand, altura de la mandíbula desde el punto más alto de la base hasta la punta del proceso coronoides; Hm1, altura de la mandíbula en vista lingual bajo el m1; Hm2, altura de la mandíbula en vista lingual bajo m2.

Medidas de la dentición inferior: Li1, longitud del i1 medida en la dirección paralela a su base y en vista labial; Lp4, Lm1, Lm2 y Lm3, longitud de la corona del p4 o de m1, m2 o m3 en vista oclusal; Wp4, Wm3 anchura mayor en vista oclusal del p4 o de m3; TRWm1, TRWm2, anchura del trigónido en vista oclusal de m1 y m2; TAWm1, TAWm2, anchura del talónido en vista oclusal de m1 y m2; Lm1-m3, longitud de la serie de molares, desde la parte anterior de m1 a la posterior de m3 en vista labial.

Medidas de la dentición superior: LI1, longitud de I1 desde la corona hasta el ápice medido en vista labial y paralelo a la superficie superior del diente; HI1, altura máxima del I1 medida en dirección perpendicular a LI1 en vista labial; LT, longitud del talón de I1 medido en labial y paralelo a LI1; BL P4, BL M1, BL M2 longitud bucal en vista oclusal del P4, M1 o M2; PE P4, PE M1, PE M2, longitud de la emarginación posterior en vista oclusal de P4,

M1 o M2; LL P4, LL M1, LL M2, longitud lingual en vista oclusal del P4, M1 o M2; W P4, anchura en vista oclusal del P4; AW M1, AW M2, anchura anterior en vista oclusal de M1 y M2; PW M1, PW M2, anchura posterior en vista oclusal de M1 o M2; LM3, longitud del M3 en vista oclusal; WM3, anchura del M3 en vista oclusal.

Identificación mediante funciones discriminantes

Para las mandíbulas de Sorícidos que por características morfológicas entran en el grupo de *S. araneus-coronatus-granarius* se han aplicado dos

tipos de funciones discriminantes. Primero se ha comprobado que la distribución de los datos fuese normal, puesto que es requisito para aplicar estas funciones (Hausser & Jammot 1974). Para ello se ha aplicado el test de normalidad.

La primera de las funciones es la de Hausser & Jammot (1974), que se estableció para *Sorex* de centro-Europa y permite separar los grupos cromosómicos A y B. Tomando las medidas en milímetros sería:

$$X = 3,72 \alpha - 9,19 \beta - 3,27 \gamma + 3,86 \delta - 8,8210$$

Si $X < 0$, el ejemplar de *Sorex* es del grupo A, es decir, *S. coronatus*. Si $X > 0$ se trata del grupo B, es decir,

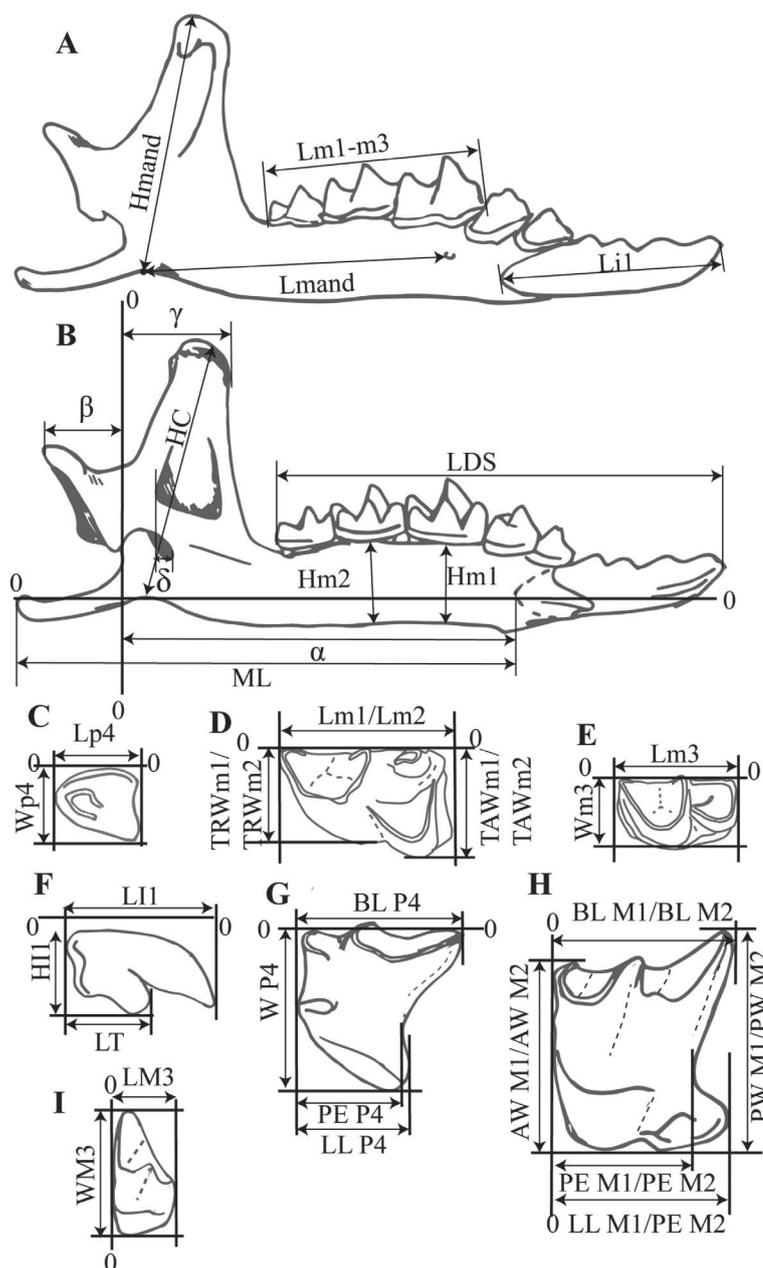


Figura 2. Esquema de las medidas que se han tomado en este trabajo. Modificado de Gisbert *et al.* (1988) y Reumer (1984). **A)** Mandíbula en vista labial, **B)** Mandíbula en vista lingual, **C)** p4 en vista oclusal, **D)** m1 en vista oclusal. Las mismas medidas para m2, **E)** m3 en vista oclusal, **F)** I1 en vista labial, **G)** P4 en vista oclusal, **H)** M1 en vista oclusal. Las mismas medidas para M2, **I)** M3 en vista oclusal.

S. araneus. En la muestra analizada por Hausser & Jammot (1974) clasificaron correctamente el 95,3% de los individuos.

Las otras funciones discriminantes son las adaptaciones de López-Fuster & Ventura (1996) para las especies de *Sorex* de la península Ibérica. Es una combinación de dos funciones, f_1 y f_2 , una diferencia *S. araneus* de *S. coronatus* y la otra *S. coronatus* y *S. granarius*. Por tanto f_2 la aplicamos si f_1 indica que no es *S. araneus*. Las funciones son:

$$f_1 = 3,9698 \alpha - 10,1922 \beta - 3,7647 \gamma + 5,9951 \delta + 1,9362 \text{LDS} - 25,2155$$

Si $f_1 > -0,7006$, se trata de *S. araneus*. Si $f_1 < -0,7006$ es *S. coronatus*. Para la muestra analizada por López-Fuster & Ventura (1996) el porcentaje de individuos correctamente clasificados fue del 95,67%.

$$f_2 = 0,8181 \text{ML} + 3,6415 \text{LDS} + 2,3643 \text{HC} - 44,4485$$

Si $f_2 > 0,2959$, es *S. coronatus*, mientras que si $f_2 < 0,2959$ es *S. granarius*. Para la muestra analizada por López-Fuster & Ventura (1996) el porcentaje de individuos correctamente clasificados fue del 96,30%.

Las funciones se han aplicado en todas las mandíbulas independientemente de que sean derechas o izquierdas y después se han analizado los resultados teniéndolo en cuenta.

Tratamiento de datos

Para resumir los resultados se han calculado la media, el valor mínimo, el máximo y la desviación estándar de cada medida de cada especie. Para cada variable se ha diferenciado por una parte los valores resultantes de medir todos los elementos y por otra de tomar una medida por individuo.

Además se han realizado distintos análisis multivariantes y gráficos para analizar y representar los resultados. En estos casos sólo hemos empleado una medida por individuo, es decir, para la dentición superior en cada localidad se ha seleccionado sólo uno de los lados y para la inferior sólo las mandíbulas derechas o las izquierdas en función de cuáles fueran más abundantes en cada localidad. Se han realizado varios análisis de componentes principales (PCA), tanto de mandíbulas y dentición inferior como de la superior para conocer la variabilidad del conjunto de medidas y ver si hay algún patrón. En algunos PCA se han marcado los elementos por localidades y en otros por provincias. El agrupamiento por

provincias es para ver mejor la distribución por zonas geográficas, ya que hay muchas localidades con pocos ejemplares y situadas cerca unas de otras.

También se ha realizado un gráfico de dispersión bivalente XY utilizando las medidas más características de las mandíbulas de los ejemplares por provincias. Se ha utilizado Lmand y Hmand por abarcar una mayor parte de la mandíbula y por ser las variables que más varían.

Además se han desarrollado análisis canónicos de la varianza (CVA) por provincias para ver si los ejemplares de distintas localizaciones se pueden distinguir y con qué variables se diferencian mejor. Para conocer mejor el grado de significación de las diferencias entre provincias también se han aplicado test ANOVA a las variables, así como test de Bonferroni a algunas de ellas, las que muestran mayores diferencias, para comparar las provincias por pares.

Los análisis se han realizado con Past v. 3.21 (Hammer *et al.* 2001) y los datos que faltan se han estimado por imputación del valor medio.

Resultados y discusión

Se pueden distinguir dos grupos claros de *Sorex* en las muestras estudiadas: uno de musarañas de pequeño tamaño que corresponde a *S. minutus* y el resto, de un tamaño mayor, que pertenece al grupo *S. araneus-coronatus-granarius*.

A *S. minutus* corresponden siete mandíbulas, de las cuales 3 son izquierdas y cuatro derechas (ver Tabla 1) y cuatro cráneos de Aizcorbe cuyas medidas se resumen en la Tabla 2. Pertenece a cuatro individuos. El resto de las mandíbulas y cráneos corresponden al grupo *S. araneus-coronatus-granarius*. Son un total de 91 mandíbulas y 43 cráneos (ver Tabla 1) procedentes de Berástegui, Aizcorbe, Cerzún, Abena, Acín, Jaca, Ermita S. Juan, Escuaín, Pajar Río Gas, S. Juan de la Peña, torre de Lárrede, torre del Moro, Basarán y Sierra Nobla. Son todas los restos que habían sido previamente designados por Vericad (1970) como *S. araneus*, *S. araneus pyrenaicus* o *Sorex* sin especificar y sus medidas se resumen en la Tabla 3.

Identificación mediante la función discriminante de Hausser & Jammot (1974)

Con la función discriminante de Hausser & Jammot (1974) ha sido posible identificar 81 de

Tabla 2. Resumen de las medidas de *Sorex minutus* de Aizcorbe. n: número de medidas tomadas, min: valor mínimo, máx: valor máximo, SD: desviación estándar, mand: mandíbula. Entre paréntesis se indican los resultados para un solo elemento por individuo, en este caso sólo los derechos, mientras que sin paréntesis están todos los datos tomados del material disponible. Medidas en mm.

<i>S. minutus</i>														
elemento	medida	n	min	media	máx	SD	elemento	medida	n	min	media	máx	SD	
il	Li1	7 (4)	2,46 (2,62)	2,59 (2,67)	2,73 (2,73)	0,10 (0,05)	I1	LI1	2 (1)	1,07	1,11 (1,15)	1,15	0,06	
	m1	Lm1	7 (4)	1,20 (1,2)	1,23 (1,21)	1,28 (1,22)		0,03 (0,01)	LT	2 (1)	0,54	0,59 (0,64)	0,64	0,07
	TRWm1	7 (4)	0,56 (0,56)	0,63 (0,62)	0,68 (0,68)	0,05 (0,05)		HI1	2 (1)	0,61	0,66 (0,61)	0,71	0,07	
m2	TAWm1	7 (4)	0,62 (0,62)	0,69 (0,68)	0,74 (0,72)	0,05 (0,04)	P4	BL P4	8 (4)	1,23 (1,23)	1,28 (1,26)	1,38 (1,28)	0,05 (0,02)	
	Lm2	7 (4)	1,02 (1,02)	1,07 (1,05)	1,11 (1,11)	0,04 (0,04)		PE P4	8 (4)	0,67 (0,67)	0,73 (0,71)	0,83 (0,75)	0,05 (0,04)	
	TRWm2	7 (4)	0,59 (0,59)	0,63 (0,62)	0,66 (0,66)	0,03 (0,03)		LL P4	8 (4)	0,72 (0,72)	0,82 (0,79)	0,89 (0,83)	0,05 (0,02)	
m3	TAWm2	7 (4)	0,64 (0,64)	0,66 (0,66)	0,69 (0,69)	0,02 (0,02)	W P4	8 (4)	1,24 (1,24)	1,33 (1,31)	1,40 (1,38)	0,05 (0,06)		
	Lm3	7 (4)	0,83 (0,83)	0,90 (0,88)	1,02 (0,94)	0,06 (0,04)	M1	PE M1	8 (4)	0,91 (0,95)	0,96 (0,98)	1,03 (1,02)	0,04 (0,03)	
	Wm3	7 (4)	0,39 (0,50)	0,53 (0,55)	0,68 (0,68)	0,09 (0,09)		LL M1	8 (4)	1,13 (1,13)	1,18 (1,18)	1,23 (1,23)	0,03 (0,02)	
mand	Hmand	7 (4)	2,84 (2,92)	2,94 (2,95)	3,01 (3,01)	0,06 (0,04)		BL M1	8 (4)	1,12 (1,17)	1,17 (1,18)	1,19 (1,19)	0,02 (0,01)	
mand	Lmand	7 (4)	3,98 (3,98)	4,14 (4,14)	4,25 (4,25)	0,09 (0,11)	AW M1	8 (4)	1,15 (1,19)	1,23 (1,24)	1,29 (1,29)	0,05 (0,04)		
	Hm1	7 (4)	0,85 (0,87)	0,90 (0,89)	0,96 (0,92)	0,04 (0,02)	PW M1	8 (4)	1,28 (1,28)	1,32 (1,35)	1,41 (1,41)	0,05 (0,05)		
	Hm2	7 (4)	0,84 (0,84)	0,91 (0,88)	1,00 (0,96)	0,06 (0,05)	M2	PE M2	8 (4)	0,85 (0,89)	0,88 (0,89)	0,93 (0,93)	0,02 (0,03)	
	Lm1-m3	7 (4)	2,98 (2,98)	3,08 (3,09)	3,18 (3,18)	0,07 (0,08)		LL M2	8 (4)	1,01 (1,01)	1,03 (1,04)	1,06 (1,06)	0,02 (0,02)	
	BL M2	8 (4)	0,99 (0,99)	1,07 (1,06)	1,13 (1,11)	0,05 (0,06)								
M3	L M3	4 (2)	0,59 (0,59)	0,63 (0,61)	0,66 (0,63)	0,03 (0,04)	AW M2	8 (4)	1,22 (1,23)	1,24 (1,26)	1,30 (1,30)	0,03 (0,04)		
	W M3	4 (2)	1,02 (1,08)	1,08 (1,10)	1,12 (1,11)	0,04 (0,02)	PW M2	8 (4)	1,17 (1,19)	1,21 (1,22)	1,25 (1,25)	0,02 (0,02)		

las 91 mandíbulas del grupo *S. araneus-coronatus-granarius*. El resto no se han podido identificar porque las mandíbulas estaban incompletas, muy alteradas o con partes como el foramen mandibular rellenas, lo que impedía tomar correctamente algunas medidas.

Con esta función discriminante se ha obtenido que 79 de estas 81 mandíbulas, es decir el 97,5%, pertenecen al grupo cromosómico A, es decir que serían *S. coronatus*. Solo 2 mandíbulas, el 2,5%, corresponden al grupo B, de *S. araneus*. Estas dos mandíbulas son de localidades diferentes y muy distantes entre sí: Torre del Moro y Aizcorbe, por lo tanto no pertenecerían a una misma población. Además en cada una de las localidades sólo hay una mandíbula identificada como grupo B, al faltar la otra mandíbula es más difícil que sea correcta la identificación. Como este porcentaje cae dentro del error de la función que los propios autores definen, consideramos que pertenecerían también a *S. coronatus*.

Identificación mediante la función de López-Fuster & Ventura (1996)

Al utilizar las funciones de López-Fuster & Ventura (1996) solo se han podido clasificar 44 de las 91 mandíbulas porque depende de más parámetros que la de Hausser & Jammot (1974). En este caso con f1 se obtiene que todas las mandíbulas corresponden a *S. coronatus*, es decir, ninguna sería *S. araneus*. Así pues hemos aplicado f2 para todas las mandíbulas para descartar que se trate de *S. granarius*. Con f2 se obtiene que 37 de las mandíbulas corresponden a *S. coronatus*, el 84,1% de las analizadas. Las 7 restantes, el 15,9%, corresponden a *S. granarius*.

Las dos mandíbulas que con la función de Hausser & Jammot (1974) correspondían al grupo B, con las de López-Fuster & Ventura (1996) corresponden a *S. coronatus*, apoyando la decisión de considerarlas *S. coronatus*.

Los ejemplares identificados como *S. granarius* son de Aizcorbe, Abena y Sierra Nobla. Es decir, de nuevo son mandíbulas aisladas de distintas poblaciones. Cabe señalar que los *Sorex* de Abena son las que Vericad (1970) identificó como posibles *Sorex araneus pyrenaicus*. Otra razón para pensar que la identificación de estas 7 mandíbulas como *S. granarius* podría ser errónea es que salvo Aizcorbe, las localidades en las que las hemos obtenido están lejos de las zonas de distribución establecidas en

estudios previos (Gisbert *et al.* 1988, López-Fuster & Ventura 1996, Real *et al.*, 1996). Por lo tanto al menos las de Abena es poco probable que lo sean. Además López-Fuster & Ventura (1996) señalan que la función es muy sensible a cambios geográficos, por lo tanto el error esperado aumenta ya que en su estudio la mayor parte de los ejemplares son de Galicia, Castilla y León, Cantabria, Asturias y Cataluña.

También cabe la posibilidad de que haya algún pequeño desajuste en las funciones y su aplicación con los datos del presente estudio por el procedimiento de toma de medidas, que resulte en un error real al aplicar las funciones más alto. Hausser & Jammot (1974) evitan el uso de material de egagrópilas porque en la forma de orientar sobre un plano las mandíbulas detectan que hay pequeñas variaciones si faltan dientes, algo que ocurre a menudo con el material que procede de egagrópilas. López-Fuster & Ventura (1974) sin embargo usan material tanto de capturas como de egagrópilas y en el presente trabajo exclusivamente de egagrópilas. En este trabajo las mandíbulas han sido orientadas paralelas al plano de medida, por lo que no deberían afectar demasiado estas variaciones de centésimas de milímetro (Hausser & Jammot 1974), pero es posible que sí lo suficiente como para cambiar alguna identificación.

Por estas razones, de ahora en adelante se van a considerar todos los ejemplares como *S. coronatus*. No obstante en López-Fuster & Ventura (1996) encuentran que los resultados de estas funciones indican zonas de posible coexistencia de *S. coronatus* y *S. granarius* a lo largo del norte de la península. Por lo tanto habría que tener en cuenta estos resultados distintos, especialmente los de Aizcorbe ya que en esta localidad sólo se han podido identificar 4 mandíbulas, en 3 de las cuales se ha obtenido *S. granarius* y en la otra *S. coronatus*. Sería conveniente estudiar en detalle las zonas de Zaragoza y Navarra porque, a la vista de estos datos, podría haber presencia de *S. granarius*.

Con estas identificaciones, los resultados son coherentes con las distribuciones de Real *et al.* (1996) y Palomo *et al.* (2007).

Comparación entre poblaciones

Las medidas de los elementos y los resultados de las funciones se resumen en la Tabla 3. En los gráficos de los PCA realizados con las medidas se observa que, en general, todos los ejemplares

forman parte de una misma nube de puntos, lo que es coherente con el hecho de que sean de una misma especie. Sin embargo, al comparar unas poblaciones concretas con otras se ven diferencias dentro del grupo general. Algunas medidas faltan en buena parte de los ejemplares por la ausencia de determinados dientes, como se puede ver en las medidas de la Tabla 3, así que finalmente los PCA de las mandíbulas se han hecho con las medidas de m1, m2 y la mandíbula. En la Figura 3A se presentan los resultados del PCA en el que se indica la localidad de cada ejemplar. Así vemos que hay poblaciones que se superponen, mientras que otras quedan totalmente separadas. En un lado del gráfico se agrupan las poblaciones del oeste: Aizcorbe y Berástegui, y en el otro las de Huesca, solapándose en parte. En la zona de confluencia de ambas está la población de Sierra Nobla (Zaragoza). En este PCA el componente principal PC1 representa el 67% de la varianza, el PC2 representa un 12% y los parámetros de mayor importancia son los de la mandíbula, como se puede ver en la Tabla 4.

Representando solo Hmand y Lmand en un gráfico de dispersión podemos ver los rangos de cada grupo de poblaciones (Fig. 3B). Las mandíbulas de los ejemplares del País Vasco y Zaragoza están dentro del rango de medidas de Huesca aunque en

la zona de las más pequeñas, mientras que parte de las de Navarra coinciden y parte son incluso de menor tamaño.

Respecto a la dentición superior, los elementos más abundantes son P4, M1 y M2. Se ha generado un PCA con todas las medidas de estos elementos. El PC1, que explica el 38% de la varianza y está compuesto principalmente por los molares y la anchura de los premolares separa Berástegui (País Vasco) del resto, siendo notablemente más pequeñas, mientras que la longitud de P4, que es lo principal en PC2 (representa un 19% de la varianza) sitúa a Aizcorbe (Navarra) dentro de Huesca, pero dentro de los valores más altos, por tanto tendría unos premolares grandes a pesar de que el resto de la dentición sea más pequeña, como se deduce de la Figura 3C.

Con los CVA realizados en función de las provincias, obtenemos que se pueden separar bastante bien pese a ser de la misma especie. Con las medidas de las mandíbulas y la dentición inferior se clasifican correctamente un 79,5% de las mandíbulas (Fig. 4A). Con la dentición superior sin tener en cuenta I1 ni M3 por ser muy escasos, se clasifican correctamente el 84,1% de las muestras (Fig. 4B). Los pesos de cada variable en cada eje se indican en la Tabla 4. Lo que se extrae es que las

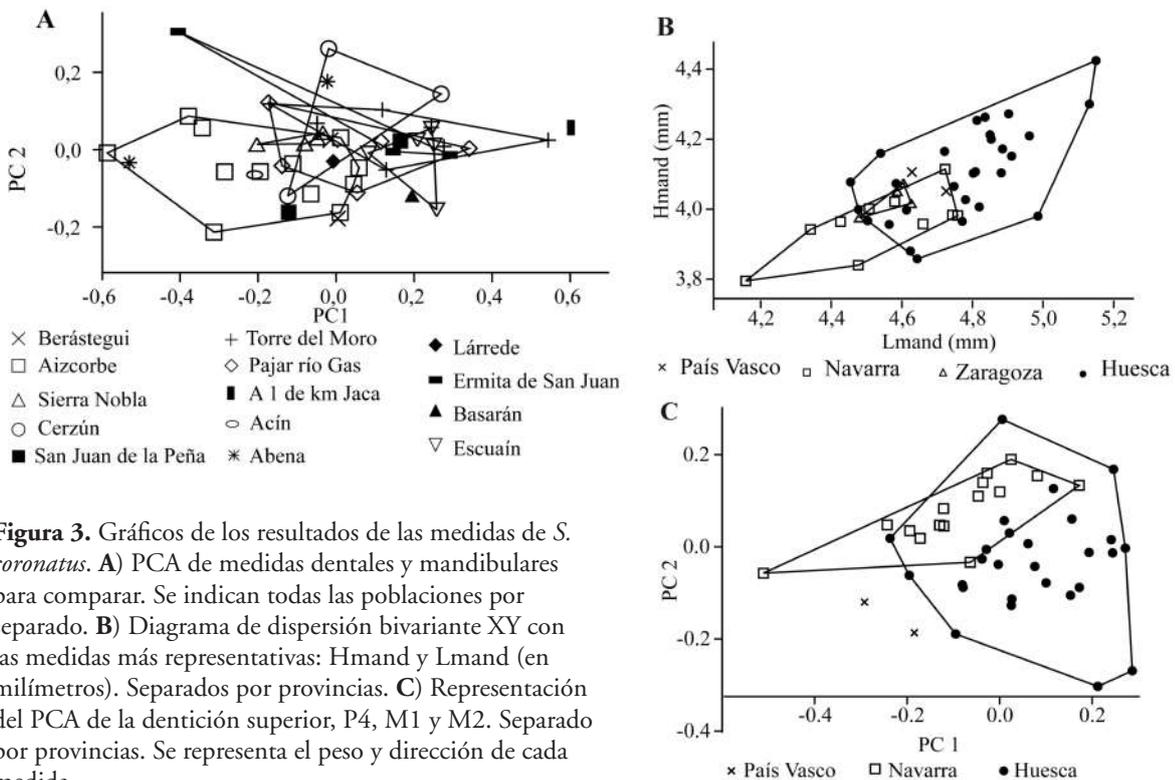


Figura 3. Gráficos de los resultados de las medidas de *S. coronatus*. **A)** PCA de medidas dentales y mandibulares para comparar. Se indican todas las poblaciones por separado. **B)** Diagrama de dispersión bivalente XY con las medidas más representativas: Hmand y Lmand (en milímetros). Separados por provincias. **C)** Representación del PCA de la dentición superior, P4, M1 y M2. Separado por provincias. Se representa el peso y dirección de cada medida.

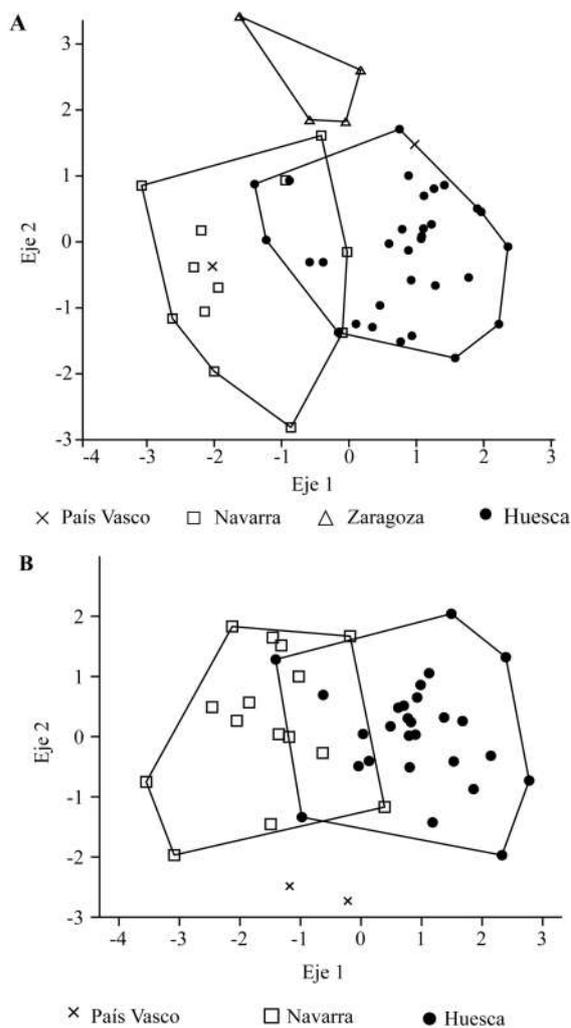


Figura 4. A) Representación gráfica del CVA con las medidas de la mandíbula y de la dentición inferior por provincias. B) Representación gráfica del CVA con las medidas de la dentición superior (P4, M1 y M2) por provincias

variables que mejor sirven para clasificar son Lmand y Hmand, seguidas por las medidas de i1 y p4 en la dentición inferior, las tres primeras especialmente para diferenciar las muestras de Navarra y Huesca, siendo mayores en Huesca; y p4 para diferenciar las de Zaragoza de las demás, siendo más grandes los de Zaragoza. En el caso de la dentición superior las variables más importantes son las de M1, en concreto la longitud total y las dos anchuras para diferenciar las de Huesca de las de Navarra, siendo más grandes los de Huesca y el premolar para distinguir las de País Vasco del resto, siendo más pequeño el de País Vasco.

Una vez vistos los resultados de los análisis discriminantes hemos aplicado el test ANOVA

a todas las variables y el de Bonferroni a las que muestran mayores diferencias entre grupos para conocer mejor el grado de significación de las diferencias entre unas provincias y otras. Los resultados se muestran en la Tabla 5. Al aplicar el test ANOVA en gran parte de las variables se obtiene que $p < 0.05$ por tanto se rechaza la hipótesis de que permanezcan a un mismo grupo todas las muestras. De los resultados del test de Bonferroni se extrae que las provincias que tienen poblaciones significativamente diferentes (para algunas variables) son las de Huesca y las de Navarra. Las siguientes que muestran mayores diferencias son País Vasco y Huesca, aunque éstas no son significativas.

Variabilidad en función de la distribución geográfica

Atendiendo a las medidas mandibulares Lmand y Hmand, la tendencia general es que las localidades situadas hacia el oeste son las que tienen las musarañas más pequeñas, como son la suma de Aizcorbe y Berástegui, aunque la relación no es directa ya que los dos ejemplares de Berástegui no son más pequeños que los de Aizcorbe. Además, Sierra Nobla, que está en un punto intermedio entre Aizcorbe y las localidades oscenses también tiene tamaños reducidos dentro del conjunto de las de Aragón. En estudios como los de López-Fuster & Ventura (1996) y López-Fuster (2010) se explica que hay una disminución general de tamaño corporal y mandibular en *S. coronatus* de este a oeste en la península, lo que coincide con nuestros datos.

Por otro lado Casteig & Escala (1988) indican que *S. coronatus* presenta en Navarra una disminución del tamaño mandibular de sur a norte. Lo relacionan principalmente con la continentalidad, siendo de menor tamaño los ejemplares más próximos a la costa Cantábrica y mayores los más lejanos. Sin embargo también coincide con que los más continentales, en ese caso, están en zonas más altas. De la misma forma, Hausser *et al.* (1975) afirman que el tamaño craneal y mandibular de *S. coronatus* disminuye desde las zonas altas como los Pirineos o Picos de Europa hacia la costa, con clima atlántico.

Aquí coinciden los tres factores, las de menor tamaño mandibular están en zonas más bajas, con más influencia atlántica y son más occidentales, por lo tanto estos resultados son plenamente concordantes con las observaciones anteriores y además muestran que estas diferencias se dan en

Tabla 4. Pesos de las variables en cada componente principal de los PCA representados en la Figura 3 y de las variables en los ejes de los CVA de la Figura 4.

Pesos de cada variable en cada componente de los PCA							
m1, m2 y mand.				P4, M1 y M2			
	PC 1	PC 2	PC 3		PC 1	PC 2	PC 3
Lm1	0,099	0,271	0,526	BL P4	0,281	0,094	0,159
TRWm1	0,069	0,113	0,212	PE P4	0,069	0,566	0,225
TAWm1	0,045	0,131	0,291	LL P4	0,052	0,657	0,150
Lm2	0,068	0,293	0,516	W P4	0,428	0,186	-0,166
TRWm2	0,042	0,112	0,077	BL M1	0,199	-0,043	0,226
TAWm2	0,061	0,201	0,198	PE M1	0,113	-0,070	0,330
Hmand	0,433	0,588	-0,500	AW M1	0,400	-0,038	-0,238
Lmand	0,876	-0,450	0,119	PW M1	0,442	-0,033	-0,398
Hm1	0,112	0,350	-0,130	LL M1	0,346	-0,389	0,561
Hm2	0,080	0,297	-0,039	BL M2	0,182	0,060	0,161
				PE M2	0,159	0,082	0,163
				AW M2	0,278	-0,114	-0,254
				PW M2	0,156	0,133	-0,172
				LL M2	0,209	-0,054	0,193

Pesos de cada variable en cada eje de los CVA						
Mandíbula y dentición inferior				P4, M1 y M2		
	Eje 1	Eje 2	Eje 3		Eje 1	Eje 2
Li1	0,033	-0,007	0,079	BL P4	0,013	0,031
Lp4	0,034	0,021	-0,013	PE P4	-0,019	0,039
Wp4	0,037	0,029	-0,019	LL P4	-0,021	0,053
Lm1	0,024	0,019	0,035	W P4	0,015	0,045
TRWm1	0,023	-0,001	-0,004	BL M1	0,013	0,014
TAWm1	0,021	-0,004	-0,004	PE M1	0,015	0,013
Lm2	0,021	0,002	0,039	AW M1	0,033	0,019
TRWm2	0,010	0,001	-0,006	PW M1	0,031	0,025
TAWm2	0,018	-0,001	-0,001	LL M1	0,039	0,001
Lm3	0,003	0,004	0,006	BL M2	0,005	0,014
Wm3	-0,002	0,008	-0,007	PE M2	0,011	0,029
Hmand	0,056	0,005	-0,017	AW M2	0,027	0,008
Lmand	0,087	-0,013	-0,023	PW M2	0,013	0,024
Hm1	0,021	0,001	0,007	LL M2	0,025	0,017
Hm2	0,023	-0,004	0,002			
Lm1-m3	0,026	0,014	0,017			

pocos kilómetros, pero en zonas muy cercanas como las localidades de Huesca, no se llegan a apreciar estas diferencias.

Hay que resaltar que las muestras provienen de egagrópilas y por tanto la zona donde fue capturada la musaraña puede no ser la misma donde se encontró la egagrópila, por lo que los datos podrían variar.

No obstante, con las diferencias mostradas entre las poblaciones de Aizcorbe y el resto, y las identificaciones que hemos obtenido de *S. granarius* en esa localidad sería deseable desarrollar estudios futuros más concretos para asegurar qué especies aparecen en la zona.

Comparación con datos paleontológicos

A pesar de que las medidas de las mandíbulas completas son más útiles como caracteres diagnósticos que las dentales, en el registro paleontológico los dientes son más abundantes y las mandíbulas suelen estar fragmentadas. Por tanto en ocasiones los dientes son la única fuente de información.

Las medidas obtenidas en este trabajo se pueden comparar con datos de *Sorex* del pasado, de zonas cercanas a la estudiada. En los Pirineos hay algunos yacimientos pleistocenos con Sorícidos identificados (Arribas 2004), pero sin datos sobre sus medidas.

Tabla 5. Resultados de los test ANOVA entre todos los grupos y para cada una de las variables. Se da el estadístico F y el valor p. Resultados de los valores p corregidos también para los test de Bonferroni aplicados a las variables que muestran diferencias más significativas y/o principales para separar grupos.

	F	p-valor		F	p-valor
Li1	1,290	0,291	BL P4	3,043	0,059
Lp4	6,000	0,001	PE P4	4,139	0,023
Wp4	6,787	0,001	LL P4	5,059	0,011
Lm1	5,799	0,002	W P4	2,642	0,083
TRWm1	5,649	0,002	BL M1	2,977	0,063
TAWm1	4,531	0,007	PE M1	3,565	0,038
Lm2	4,491	0,008	AW M1	6,956	0,003
TRWm2	2,074	0,174	PW M1	4,713	0,015
TAWm2	3,335	0,028	LL M1	6,642	0,003
Lm3	0,153	0,927	BL M2	2,119	0,136
Wm3	0,254	0,858	PE M2	5,109	0,011
Hmand	3,539	0,022	AW M2	5,774	0,007
Lmand	3,027	0,034	PW M2	1,632	0,211
Hm1	2,062	0,119	LL M2	12,900	0,000
Hm2	2,739	0,054	LM3	6,932	0,005
Lm1-m3	1,322	0,282	WM3	0,733	0,492

Comparaciones entre pares de muestras con valores de p corregidos mediante el test de Bonferroni.

	País Vasco / Navarra	País Vasco / Zaragoza	País Vasco / Huesca	Navarra / Zaragoza	Navarra / Huesca	Zaragoza / Huesca
Wp4	1,000	1,000	1,000	0,361	0,034	1,000
Lmand	1,000	0,631	1,000	1,000	0,033	0,689
Hmand	0,560	1,000	1,000	0,616	0,023	1,000
LL M1	1,000	-	1,000	-	<0,001	-
LL M2	1,000	-	0,091	-	0,004	-

El soricino del que se pueden encontrar más datos en el registro fósil es *S. minutus* mientras que de *S. coronatus* no se han encontrado datos porque se suele agrupar con *S. araneus* al no poderse identificar la especie exacta con seguridad, así que de lo que sí hay datos es de *S. araneus-coronatus*.

Cerca de la zona de estudio está el yacimiento de Artazu VII (Guipúzcoa), del Pleistoceno superior. En ella aparecen *S. minutus* y *S. araneus-coronatus* a los que Suárez-Bilbao *et al.* (2017) tomaron L y TAW de los molares y premolares. Los resultados que obtienen de ambas especies muestran un menor tamaño que los de este trabajo. Los valores medios de L del m1 son un 12% más pequeños en *S. araneus-coronatus* y un 9% inferiores en *S. minutus*. Estos resultados son concordantes con la disminución hacia el oeste de tamaño en estas especies, aunque podría deberse también a un cambio a lo largo del tiempo, desde el Pleistoceno superior hasta la actualidad.

Como resumen de este estudio podemos extraer las siguientes conclusiones:

- 1) Las especies del género *Sorex* del Pirineo central y occidental son las esperadas: *S. minutus* y *S. coronatus*.
- 2) A pesar de que las funciones discriminantes de López-Fuster & Ventura (1996) son más precisas, las de Hausser & Jammot (1974) permiten analizar un porcentaje mucho mayor de ejemplares; y los datos de tamaños coinciden, a pequeña escala, con la tendencia general de disminución en la península Ibérica hacia el Atlántico.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto del MINECO-FEDER CGL2015-65387-C3-2-P. También financiado por el Gobierno de Aragón (Referencia Grupo E18_17R) y cofinanciado con Feder 2014-2020 “Construyendo Europa desde Aragón”. RMC es beneficiaria de una ayuda del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (FPU14/05528). La colección estudiada procede del Instituto Pirenaico de Ecología (IPE, CSIC, cedida por Pablo Martínez Rica) y del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza (MPZ).

Queremos agradecer las revisiones de David Galicia y de un revisor anónimo que han ayudado a mejorar notablemente este trabajo.

Referencias

- Arribas O. 2004. *Fauna y paisaje de los Pirineos en la era glaciaria*. Lynx Edicions, Barcelona. 540 pp.
- Casteig F.J. & Escala M.C. 1988. Morfometría de *Sorex coronatus* Millet, 1828 (Insectivora, Mammalia) en Navarra. *Miscel-lànea Zoològica*, 12: 309-317.
- Chaline J., Baudvin H., Jammot D. & Saint-Girons S. C. 1974. *Les proies des rapaces (petits mammifères et leur environnement)*. Doin, Paris. 141 pp.
- Gisbert J., López-Fuster M.J., García-Perea R. & Ventura J. 1988. Distribution and biometry of *Sorex granarius* (Miller, 1910) (Soricinae: Insectivora). *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 53: 267-275.
- Hammer Ø., Harper D.A.T. & Ryan P D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Version 3.21. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1): 9 pp. https://folk.uio.no/ohammer/past/index_old.html
- Hausser J., Graf J.D. & Meylan A. 1975. Données nouvelles sur les *Sorex* d'Espagne et des Pyrénées (Mammalia, Insectivora). *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 348: 241-252. DOI: [10.5962/bhl.part.78285](https://doi.org/10.5962/bhl.part.78285)
- Hausser J. & Jammot D. 1974. Étude biométrique des mâchoires chez les *Sorex* du groupe *araneus* en Europe continentale (Mammalia, Insectivora). *Mammalia*, 38: 324-343. DOI: [10.1515/mamm.1974.38.2.324](https://doi.org/10.1515/mamm.1974.38.2.324)
- López-Fuster M.J. 2010. Musaraña ibérica – *Sorex granarius*. Pp: 1-12. En: A. Salvador & J. Cassinello (eds). *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- López-Fuster M. J & Ventura J. 1996. A morphometrical review of the *Sorex araneus-arcticus* species group from the Iberian Peninsula (Insectivora, Soricidae). *Bonner zoologische Beiträge*, 46: 327-337.
- Meylan A. 1964. Le polymorphisme chromosomique de *Sorex araneus* L. (Mammalia, Insectivora). *Revue Suisse de Zoologie*, 71: 903-983.
- Meylan A. & Hausser J. 1978. Le type chromosomique A des *Sorex* du groupe *araneus*: *Sorex coronatus* Millet, 1828 (Mammalia, Insectivora). *Mammalia*, 42:115-122.
- Palomo L.J., Gisbert J. & Blanco J.C. (eds). 2007. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU, Madrid. 588 pp.
- Rabeder V.G. 1972. Die Insectivoren und Chiropteren (Mammalia) aus dem Altpleistozän von Hundsheim (Niederösterreich). *Annalen des Naturhistorisches Museum in Wien*, 76: 375-474.
- Real R., Márquez A.L., Guerrero J.C., Vargas J.M. & Palomo L.J. 1996. Modelos de distribución de los insectívoros en la Península Ibérica. *Doñana, Acta Vertebrata*, 23: 123-142.

- Reumer J.W.F. 1984. Ruscinian and early Pleistocene Soricidae (Insectivora, Mammalia) from Tegelen (The Netherlands) and Hungary. *Scripta Geologica*, 73: 1-173.
- Reumer J.W.F. 1996. Quaternary Insectivora (Mammalia) from southwestern France. *Acta zoologica cracoviensia*, 39: 413-426.
- Rohlf F.J. 2013. *tpsDig*. Ecology & Evolution, SUNY at Stony Brook. 693. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>
- Rofes J. 2009. *Los Sorícidos (Mammalia, Eulipotyphla) del Pleistoceno Inferior de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca, Burgos, España*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, Zaragoza. 268 pp.
- Rofes J. & Cuenca-Bescós G. 2009. A new genus of red-toothed shrew (Mammalia, Soricidae) from the Early Pleistocene of Gran Dolina (Atapuerca, Burgos, Spain), and a phylogenetic approach to the Eurasiatic Soricinae. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 155: 904-925. DOI: [10.1111/j.1096-3642.2008.00470.x](https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2008.00470.x)
- Suárez-Bilbao A., Beitia-Atero J., García-Ibaibarriaga N. & Murelaga X. 2017. Biometry of Soricidae lower dental elements from the late Pleistocene site of Artazu VII (Arrasate, Gipuzkoa). *Geogaceta*, 61: 23-26.
- Vericad J.R. 1966. Datos sobre mamíferos de la canal de Berdún. *Pirineos*, 79: 241-242.
- Vericad J.R. 1970. *Estudio faunístico y biológico de los mamíferos montaraces del Pirineo*. Publicaciones del Centro Pirenaico de Biología Experimental, Jaca. 133 pp.
- Vericad, J.R. 1973. Fauna pirenaica de mamíferos. *Pirineos*, 110: 51-54.

Submitted: 12 September 2018

Accepted: 4 February 2019

Associate editor was: L. Javier Palomo