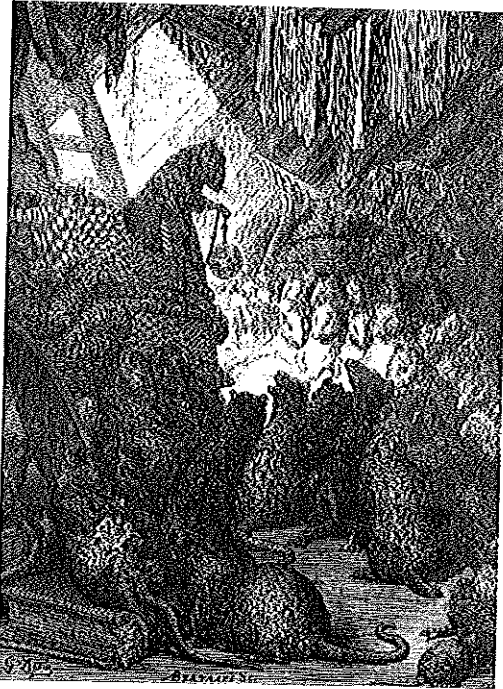


CARACTERÍSTICAS DEL PELO DE LA RATA DE AGUA,  
*ARVICOLA SAPIDUS* MILLER, 1908 (RODENTIA,  
ARVICOLIDAE), DEL SUR DE NAVARRA (ESPAÑA).

Juan Manuel Garde y M<sup>a</sup> Carmen Escala



## INTRODUCCION

La termorregulación constituye un problema común a la mayor parte de los roedores, debido a su pequeño tamaño - es decir, elevada relación superficie/volumen- y bajas reservas de grasa (Bronson, 1988). Por estas razones y dada su capacidad aislante, el pelaje adquiere en este grupo de mamíferos una importancia crucial. Prueba de ello es el hecho de que los pelajes son periódicamente modificados, mediante mudas, adaptándose tanto a las variaciones ambientales como al

desarrollo de los animales.

*Arvicola sapidus* adquiere su primer pelaje -juvenil- durante el periodo de nido. Posteriormente experimenta una primera muda que le proporciona su segundo pelaje -de subadulto-. Seguidamente, una segunda muda le permite adquirir su tercer pelaje -de adulto-. El desarrollo de estas dos primeras mudas viene determinado genéticamente y está vinculado con la edad. Además de éstas,

la rata de agua puede experimentar a lo largo de la vida, otras mudas relacionadas con las estaciones. Un análisis más amplio sobre el desarrollo de los pelajes y mudas de *A. sapidus* ha sido realizado por Garde y Escala (1999). Los trabajos bibliográficos que tratan sobre los tipos y características de los pelos de roedores son numerosos -Hyvärinen et al. (1977); Keller (1980; 1981); Trapp (1980); Morel (1981); Niethammer y Krapp (1982); España et al. (1985); Compte (1986); Alwynelle (1987); Sokolov y Kulikov (1987); Vargas et al. (1987); etc.,-, incluyendo algunos de ellos referencias a la rata de agua -Faliu et al. (1979; 1980), Debrot et al. (1982) y, especialmente, Garde (1992)-.

En el presente trabajo se describe la morfología y estructura de los diversos tipos de pelo de *A. sapidus* y se analizan las variaciones de longitud y densidad del pelaje en función de la edad y del periodo estacional. Además, se estudian por vez primera las vibrisas o pelos sensitivos, claramente diferenciados del resto.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La muestra analizada estaba constituida por 18 ejemplares de rata de agua, capturados en Mérida (Sur de Navarra) y distribuidos de la siguiente manera: 4 con el primer pelaje, 6 con el segundo y 8 con el tercero -en realidad, en el tercer pelaje, se incluyen a éste y a los sucesivos, dada la dificultad de distinguirlos entre sí-. En cada caso, la mitad de los ejemplares se recogieron en los meses invernales -diciembre y enero- y la otra

mitad en los estivales -julio y agosto-.

Las características morfológicas de cada tipo de pelo se estudiaron bajo la lupa a 20 aumentos. El análisis de la estructura interna o medular de los diferentes pelos se realizó mediante observación al microscopio óptico. Para ello, los pelos eran previamente lavados en agua oxigenada y posteriormente incluidos en glicerina entre porta y cubreobjetos (Faliu et al., 1980). De cada tipo de pelo y de sus diferentes partes se hicieron fotografías al microscopio a 40X y a 400X.

El análisis cuantitativo se realizó en la parte dorsal del animal. Para este fin, se recortaron con un bisturí de cada pelleta dos cuadriláteros, uno en la región anterior y otro en la posterior. Seguidamente, ayudados de finas pinzas, se cortaban los pelos por la base con unas tijeras y se hacía el recuento bajo una lupa a 20 aumentos, cuantificando separadamente los pelos gufa. Por otra parte, con un calibrador ( $\pm 0,05$  mm de precisión) se medían los lados del cuadrilátero y se calculaba su área. Finalmente se hallaba la densidad de pelo ( $n_1$  de pelos por  $mm^2 = P/S$ ) para cada cuadrilátero, considerando la media de ambos como la densidad del pelaje del animal. Se estudiaron un promedio de  $10 mm^2$  de superficie por ejemplar.

Simultáneamente al análisis cuantitativo se realizó un estudio de la longitud de los pelos. Una pequeña superficie de la región dorsal, se afeitaba con el bisturí -se raspaba la piel- lo más apuradamente posible a la base de los pelos. A continuación, los pelos de borra se separaban del resto y bajo la lupa se medía su longi-

tud. En algunos ejemplares se midió cada tipo de pelo, tanto en la región dorsal como en la ventral. De la misma manera se procedió en cinco ejemplares adultos para la medida de las vibrisas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Estructura

Se distinguen tres zonas (Fig. 1) en la estructura de los pelos de *A. sapidus*:

a) La cutícula, formada por células queratinizadas (escamas), lisas y transparentes (Fig. 2).

b) La corteza, formada por células queratinizadas. Su pigmentación distri-

buida de forma granular (Fig. 3) varía de ligera a muy densa dependiendo del tipo y zona del pelo.

c) La médula, presente en todos los tipos de pelo salvo en las vibrisas, está constituida por células que retienen vesículas de aire. En la rata de agua, la médula es tabicada -las vesículas no se comunican entre sí- y presenta, dependiendo del tipo y nivel del pelo, tres modelos distintos de estructuras: uniseriada, biseriada y multiseriada (Fig. 4).

Estos resultados confirman y amplían las observaciones que sobre la estructura del pelo de *A. sapidus* realizaron Faliu et al. (1979; 1980) y Debrot et al. (1982).

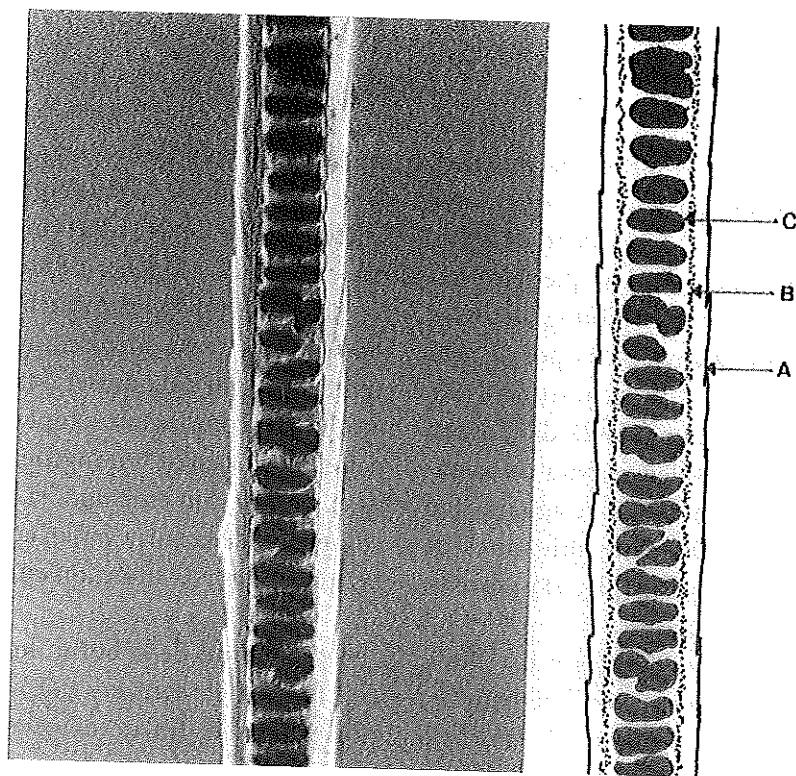


Fig. 1. Fotografía y esquema de la estructura de un pelo de *A. sapidus* (X400). A: cutícula. B: corteza. C: médula.

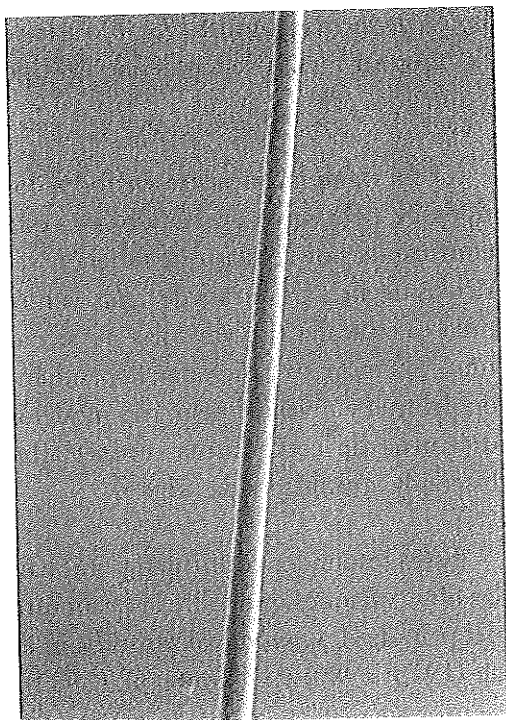


Figura 2.- Fotografía de un pelo de *A. sapidus*, en el que se observa la cutícula formada por escamas (X400).

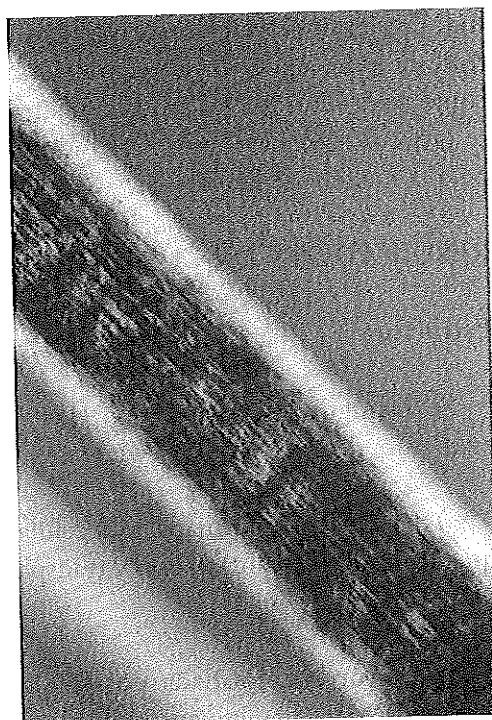


Figura 3.- Fotografía de un pelo de *A. sapidus*, en la que se observa la corteza con los gránulos de pigmento (X400).

## Tipos

Atendiendo a la morfología y estructura se aprecia la existencia de diferentes tipos de pelos. Ante la variedad de clasificaciones y nomenclaturas que aparecen en los distintos trabajos bibliográficos, se ha optado por catalogar los tipos de pelo siguiendo las indicaciones de Niethammer y Krapp (1982), dándose en cada caso la equivalencia para otros autores. Así pues, en la rata de agua se han identificado cuatro tipos diferentes de pelo: borra, gufa, arista (Fig. 5) y vibrisas.

1.- Pelo de borra (Vargas et al., 1987), «Wollhaare» (Trapp, 1980; Niethammer y Krapp, 1982; España et al., 1985) o «bourre» (Faliu et al., 1979; 1980; Keller, 1980; Morel, 1981). Es el tipo de pelo

más fino, corto y abundante, extendiéndose por toda la superficie corporal. Presenta varios estrangulamientos o constricciones a lo largo de su longitud, lo que le da un aspecto quebrado o en zig-zag (Fig. 5). Al microscopio óptico se aprecia una médula uniseriada. Tanto la morfología como la estructura interna del pelo se mantienen homogéneas en toda su extensión. Sin embargo, la longitud y coloración de la borra varían con la edad, las estaciones y la situación en el cuerpo.

La longitud de la borra fluctúa entre 6-8 mm en el vientre y 9-13 mm en el dorso. Con el fin de detectar posibles variaciones asociadas a los sucesivos pe-lajes y a los periodos estacionales, se to-

maron medidas de los pelos de borra dorsales de varios ejemplares. Los resultados -Tabla 1- permiten apreciar una cierta tendencia hacia el incremento de la longitud con la edad y con las estaciones frías. Esta tendencia manifestada en *A. sapidus* del Sur de Navarra viene a corroborar las observaciones realizadas en otros roedores (Vargas et al., 1987).

El color del pelo de borra es gris-oscuro en aproximadamente las 3/4 partes inferiores de su longitud. El cuarto restante o superior es de color gris-ceniza

cuando el pelo es ventral y de color pardo-rojizo si el pelo está ubicado en el dorso o flancos. Con la edad, el extremo distal de los pelos ventrales se hace más claro, mientras que en el resto se hace más rojizo y ocre. Debido a su elevada proporción, y a pesar de su pequeño tamaño, el pelo de borra va a ser determinante en la coloración del pelaje del animal, especialmente en la zona ventral, donde los restantes tipos de pelos son más escasos.

## 2.- Pelo de arista o «Grannenhaare»

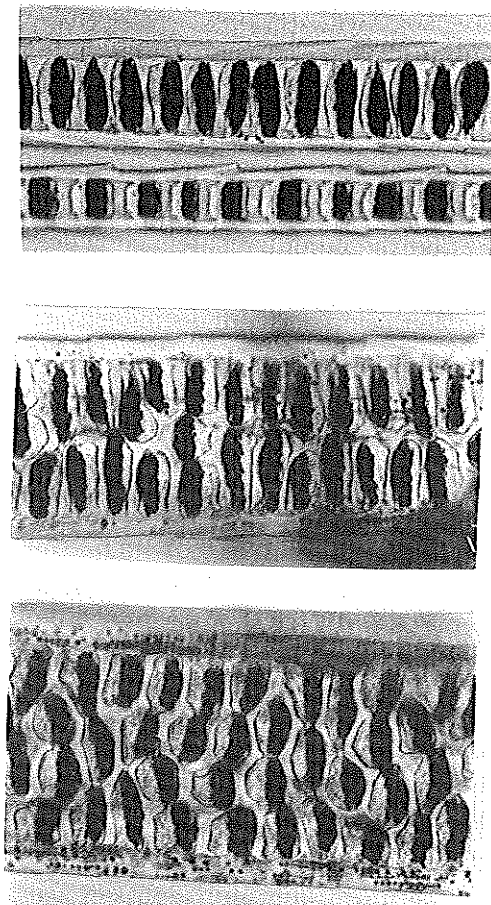


Figura 4.- Fotografías de pelos de *A. sapidus* mostrando las diferentes estructuras medulares (X400). A: uniseriada. B: biseriada. C: multiseriada.

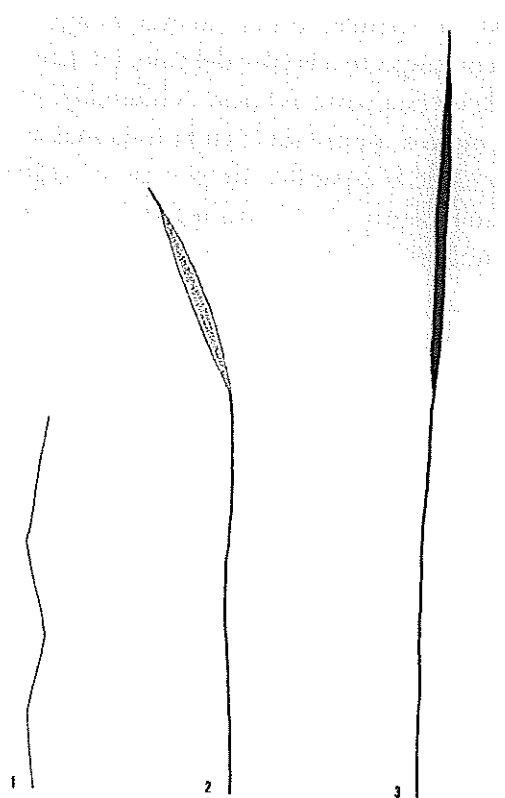


Figura 5.- Esquemas correspondientes a la morfología de tres tipos de pelos identificados en *A. sapidus*. 1: borra. 2: arista. 3: guía.

(Trapp, 1980; Niethammer y Krapp, 1982; España et al., 1985). Corresponde al denominado por otros autores como «Pelo guarda» (Vargas et al., 1987). Como la borra, el pelo de arista se extiende por toda la superficie corporal, pero a diferencia de aquella su morfología y estructura interna varía a lo largo de la longitud. Los dos tercios basales del pelo son finos -diámetro aproximadamente el doble que el pelo de borra- y de médula uniseriada. En el tercio restante, el pelo se ensancha formando una espátula o huso aplanado (Fig. 5). Con frecuencia aparece una constricción antes del inicio de la espátula, formando ésta un ángulo con respecto a la base del pelo. La médula de esta parte del pelo es biseriada, pasando a multiseriada en la zona más ancha de la espátula. En el extremo distal más fino, la médula vuelve a ser uniseriada (Fig. 4).

La longitud de los pelos de arista de los individuos adultos es de 6-8 mm en la zona ventral y 16-18 mm en el resto.

El color del pelo de arista es diferente según las zonas. La espátula es marrón-grisácea en los pelos ventrales y marrón-rojiza en el dorso y los flancos. El resto del pelo es gris. Junto con la borra contribuye a la coloración del pelaje.

3.- Pelo guía o «Leithaare» (Trapp, 1980; Niethammer y Krapp, 1982; España et al., 1985). Se corresponde al denominado por otros autores como «Guarda guía» (Vargas et al., 1987). El pelo guía se extiende por el dorso y los flancos, faltando en la zona ventral. Siendo el tipo de pelo más grueso y largo del pelaje, es a

su vez el que se halla en menor proporción (2-5% del total), porcentaje similar (2-3%) al apuntado por Vargas et al. (1987) para *Mus spretus*.

La morfología del pelo guía tiene una cierta similitud con la del pelo de arista (Fig. 5). En la base, el diámetro del pelo es algo más grueso que el de arista. Hacia la mitad de su longitud aumenta su grosor, adoptando la forma de un huso o una porra, que se estrecha nuevamente hacia la punta. Presenta una fuerte pigmentación, especialmente la parte fusiforme, por lo que la observación de su estructura interna queda ligeramente ensombrecida. Dicha estructura es idéntica a la del pelo de arista. La semejanza entre ambos tipos de pelo, hace que diversos autores (Faliu et al., 1979; 1980; Keller, 1980; Morel, 1981) los engloben y estudien conjuntamente bajo la denominación de pelos de «Jarre», aunque en su descripción posterior distinguen cuando la parte distal se ensancha en «paleta o maza» (Faliu et al., 1980). Según estos autores, la longitud aproximada del pelo de «jarre» de la rata de agua es de 20 mm y su sección transversal es oval o redonda, con un diámetro de 0,018-0,026 mm; el diámetro en la zona de ensanchamiento es de 0,036-0,046 mm.

La longitud del pelo guía de ejemplares adultos fluctúa entre 16 y 25 mm, con un valor medio similar al observado por los investigadores franceses. Sin embargo, las variaciones entre individuos y dentro de un mismo individuo son acusadas.

El color del pelo tampoco es unifor-

me. La punta final es de color marrón rojizo, cuya intensidad varía con la edad. La parte fusiforme es negra y la basal, gris oscura.

#### 4.- Vibrisas o pelos sensitivos.

Los pelos tactíles se distinguen claramente de los restantes (Garde, 1992): son muy gruesos en la base y se van estrechando, al principio ligeramente y luego más fuertemente, hacia el extremo distal. Al microscopio óptico presentan un aspecto hialino o compacto, en el que no es apreciable médula alguna. Su pigmentación es muy densa, especialmente en la mitad basal (Fig. 6). El color del pelo es negro en la parte más gruesa y marrón en la mitad distal más fina, terminando en una punta incolora o blanquecina. España et al. (1985) apuntan que son los primeros pelos que aparecen en *Mus spretus*.

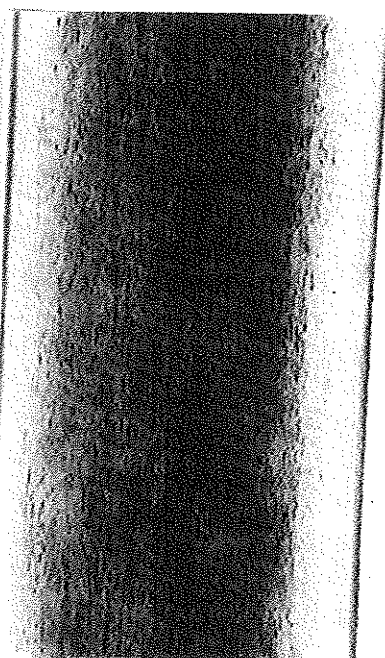


Figura 6.- Fotografía de la estructura de una vibrisa de *A. sapidus*, mostrando la pigmentación (X400).

Aunque se distribuyen por todo el cuerpo, las vibrisas adquieren su mayor desarrollo en la parte anterior de la cabeza -vibrisas faciales-, especialmente a los lados de las fosas nasales, sobre los labios y en la parte interna de los ojos. En la figura 7 se observa la disposición que presentan en *A. sapidus* las vibrisas faciales más notables: mistaciales, labiales y superciliares.

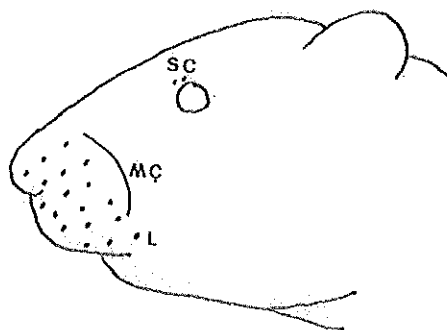


Figura 7.- Distribución de las vibrisas analizadas en *A. sapidus*. MC: vibrisas mistaciales. L: vibrisas labiales. SC: vibrisas superciliares.

En cinco ejemplares adultos se hizo un recuento del número de vibrisas situadas en la mitad rostral izquierda, obteniéndose un valor medio de 14,6 - con intervalo entre 11 y 20-. Sorprende sin embargo la gran variabilidad individual tanto en el número de filas como en

el de vibrisas por fila, hecho ya apuntado por Sokolov y Kulikov (1987) para otros roedores. Las vibrisas mistaciales ubicadas en la zona superior y especialmente hacia el exterior eran mucho más largas (30-40 mm) que las inferiores (15-20 mm). La longitud media de las vibrisas es de 25,2 mm, con muy pequeñas variaciones entre ejemplares ( $s=0,9$ ).

Aunque todos los roedores presentan vibrisas, la longitud de estas varía sensiblemente de unas especies a otras, en relación al tipo de vida que desarrollan. La longitud tiende a ser mayor en los animales nocturnos y crepusculares -especialmente si son trepadores- y menor en los diurnos, con visión bien desarrollada (Alwynelle, 1987; Sokolov y Kulikov, 1987). Estos últimos autores, con el fin de comparar de forma homogénea distintas especies de roedores, utilizan la relación porcentual entre la longitud de las vibrisas mistaciales más largas y la longitud corporal. Calculada esta relación para los cinco ejemplares de rata de agua analizados, se obtuvo un valor medio de 17,0 con un intervalo de 16,1-17,7. Confrontado este valor con los datos obtenidos por Sokolov y Kulikov (1987), *A. sapidus* se colocaría en la zona media-baja de la tabla, por debajo de *A. terrestris* (21,5), en una posición intermedia entre los animales de hábitos nocturnos y diurnos, aunque con una ligera tendencia hacia estos últimos.

#### Análisis cuantitativo del pelaje

En la zona dorsal del animal se realizó un recuento del número total de pelos por mm<sup>2</sup> (P/S) o densidad de pelo, cu-

yos resultados se recogen en la Tabla 2. En ella se aprecia una variación estacional, con una menor densidad de pelo en verano que en invierno y esto, para cualquier tipo de pelaje. Una tendencia similar se ha observado en otros roedores como *Rattus norvegicus* (Compte, 1986) o *Mus spretus* (Vargas et al., 1987). Las diferencias estacionales en la densidad y longitud del pelaje ponen de manifiesto la adaptación de *A. sapidus* a los cambios climatológicos de la región.

Las variaciones de densidad con la edad son también apreciables. Los valores menores corresponden al primer pelaje y los mayores al segundo; el tercer pelaje presenta densidades intermedias y todo ello, para cada periodo estacional. La mayor parte de los investigadores, bien mediante apreciaciones personales o por estudios cuantitativos, coinciden en señalar también al primer pelaje de los roedores como el más ligero (Gosálbez, 1976 en *Microtus arvalis*, España et al., 1985 en *Mus spretus*, Compte, 1986 en *Rattus norvegicus*, Sans-Coma et al., 1987 en *Rattus rattus* y Ventura, 1988 en *A. sapidus* del Delta del Ebro y en *A. terrestris*). Según algunos de estos autores (España et al., 1985; Compte, 1986), la densidad aumentaría en el segundo pelaje y sería máxima en el tercero. Resultados antagónicos -la menor densidad en el tercer pelaje- apuntan Martín (1973) para *Microtus chrotorrhinus* y Vargas et al. (1987) para *Mus spretus*. Estas diferencias, observadas incluso para una misma especie, sugieren la existencia de una notable variabilidad inter e intraespecífica en la densidad de pelo de los roedores.



BIBLIOGRAFÍA

- ALWINELLE, S.A. (1987): *Relationship of vibrissal length and habits in the Sciuridae*. J. Mammal., 68 (4): 848-853.
- BRONSON, F.H. (1988): Seasonal regulation of reproduction in Mammals. En E. Knoble y J.D. Neill (Eds): *The Physiology of Reproduction*. Raven Press, New York. 1831-1872.
- COMPTE, L. (1986): *Estudio biológico de la rata común Rattus norvegicus Berkenhout, 1769 en el delta del Ebro (Tarragona)*. Inédito.
- DEBROT, S., FIVAZ, G., MERMOD, C. & WEBER, J.M. (1982): *Atlas des Poils de Mammifères d'Europe*. Ed. Inst. Zool. Univ. de Neuchâtel. Neuchâtel. 208 pp.
- ESPAÑA, M., PALOMO, L.J., ZAMORANO, E. & SANS-COMA, V. (1985): *Über Haarwechsel und Haarkleid von Mus spretus Lataste, 1883 aus Süds Spanien (Rodentia, Muridae)*. Spixiana, 8 (1): 1-16.
- FALIU, L., LIGNEREUX, Y., BARRAT, J., RECH, J. & SAUTET, J.Y. (1979): *Etude en microscopie optique des poils (pili) de la faune pyrénéenne sauvage en vue de leur détermination*. Zbl. Vet. Med. C. Anat. Histol. Embryol., 8: 307-317.
- FALIU, L., LIGNEREUX, Y. & BARRAT, J. (1980): *Identificación de poils de mammifères pyrénées*. Doñana. Acta Vert., 7 (2): 125-212.
- GARDE, J.M. (1992): *Biología de la rata de agua Arvicola sapidus Miller, 1908 (Rodentia, Arvicolidae) en el Sur de Navarra (España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra.
- GARDE, J.M. & ESCALA, M.C. (1999): *Coats and moults of the water vole Arvicola sapidus Miller, 1908 (Rodentia, Arvicolidae) in southern Navarra (Spain)*. Acta theriologica, en prensa.
- GOSÁLBEZ, J. (1976): *Sobre el cambio de pelaje en Microtus arvalis Pallas, 1778, de los Pirineos catalanes*. P. Dept. Zool., 1: 35-40.
- HYVÄRINEN, H., KANGASPERKO, H. & PEURA, R. (1977): *Functional structure of the carpal and ventral vibrissae of the squirrel (Sciurus vulgaris)*. J. Zool., 182: 457-466.
- KELLER, A. (1980): *Détermination des mammifères de la Suisse par leur pelage: II. Diagnose des familles. III. Lagomorpha, Rodentia (partim)*. Rev. Suis. Zool., 87(3): 781-796.
- KELLER, A. (1981): *Détermination des mammifères de la Suisse par leur pelage: IV. Cricetidae et Muridae*. Rev. Suis. Zool., 88(2): 463-473.
- MARTIN, R.L. (1973): *Molting in the rock vole, Microtus chrotorrhinus*. Mammalia, 37(2): 342-352.
- MOREL, J. (1981): *Le campagnol terrestre, Arvicola terrestris (L.), en Suisse*

- biologie et systématique (Mammalia, Rodentia)*. Tesis Doctoral. Université de Lausanne.
- NIETHAMMER, J. & KRAPP, F. (1982). *Handbuch der Säugetiere Europas. Band 2/1. Nagetiere 2 (Cricetidae, Arvicolidae, Zapodidae, Spalacidae, Hystricidae, Capromyidae)*. Akademische Verlagsgesellschaft. Wiesbaden. 649pp.
- SANS-COMA, V., ZAMORANO, E., VARGAS, J.M. & ANTUNEZ, A. (1987): *Über den Haarwechsel freilebender Hausratten, Rattus rattus (L., 1758), in Südsanien*. Zool. Abh. Mus. Tierk. Dresden, 42(8): 125-136.
- SOKOLOV, V. E. & KULIKOV, V.F. (1987): *The structure and function of the vibrissal apparatus in some rodents*. Mammalia, 51 (1): 125-138.
- TRAPP, M. (1980): *Die haarstruktur einiger Muriden und Cricetiden*. Z. Säugetierk., 45: 337-348.
- VARGAS, J.M., PALOMO, L.J. & SANS-COMA, V. (1987): Estudio cuantitativo de los pelajes del ratón moruno, *Mus spretus* Lataste, 1883. En V. Sans-Coma. (Ed.): *Mamíferos y Helmintos. Vol. homenaje al Prof. Dr. Dr. Herman Kahmann en su 81 aniversario*. Ed. Ketres, Barcelona: 131-141.
- VENTURA, J. (1988): *Contribución al conocimiento del género Arvicola Lacépède, 1799, en el nordeste de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.

\*\*\*\*\*

Tabla 1.- Longitud media (x) en milímetros del pelo de borra dorsal en los sucesivos pelajes de *A. sapidus* y en los periodos estival e invernal. n: n1 de ejemplares analizados.

		Verano	Invierno	Anual
Primer pelaje	n	2	2	4
	x	9.5	10.5	10.0
	intervalo	9.4-9.7	10.3-10.7	9.4-10.7
Segundo pelaje	n	3	3	6
	x	10.6	11.0	10.8
	intervalo	9.8-11.2	10.8-11.2	9.8-11.2
Tercer pelaje	n	4	4	8
	x	11.0	11.7	11.4
	intervalo	10.6-11.3	11.4-12.2	10.6-12.2

Tabla 2.- Densidad media (x) del pelaje dorsal de *A. sapidus*, expresada como «número de pelos totales por mm<sup>2</sup>», en los sucesivos pelajes y en los periodos estival e invernal. n: n1 de ejemplares analizados.

		Verano	Invierno	Anual
Primer pelaje	n	2	2	4
	x	45.4	72.1	58.7
	intervalo	41.1-49.7	65.8-78.5	41.1-78.5
Segundo pelaje	n	3	3	6
	x	89.4	102.6	96.0
	intervalo	68.9-100.4	74.7-121.5	68.9-121.5
Tercer pelaje	n	4	4	8
	x	60.5	93.1	76.8
	intervalo	57.0-65.6	65.4-135.9	57.0-135.9

**JUAN MANUEL GARDE GARDE.** Doctor en Ciencias Biológicas. Catedrático de Biología y Geología. Profesor de Ciencias Naturales en el IES ABenjamín de Tudela.

**M<sup>a</sup> CARMEN ESCALA URDAPILLETA.** Doctora en Ciencias Biológicas. Profesora Agregada de Zoología y Jefe del Departamento de Zoología y Ecología en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Navarra.

### RESUMEN

En este trabajo se realiza una caracterización morfológica y estructural de los distintos tipos de pelo que presenta *Arvicola sapidus*. Además, se hace un análisis de la longitud y densidad del pelaje, que revela una estrecha relación entre estos parámetros con la edad y la estacionalidad. El estudio de las vibrisas mistaciales indica que la rata de agua presenta una posición intermedia entre los roedores de hábitos diurnos y nocturnos.