

Reconocimiento del estadio de desarrollo en la microestructura de los huesos fósiles de mamíferos (Somosaguas y Layna)

Recognizing development in the microstructure of mammal fossil bones (Somosaguas and Layna)

Soledad CUEZVA¹ y Javier ÉLEZ¹

RESUMEN

En este trabajo se hace una primera aproximación para relacionar la histología conservada en huesos fósiles de mamíferos con la edad biológica del individuo. Existe una relación entre el desarrollo del hueso y el estadio de crecimiento para la generalidad de los mamíferos. Comparando con los ejemplos histológicos pertenecientes a mamíferos actuales y con estudios médicos sobre humanos actuales y fósiles, se han podido comprobar en los fósiles de Somosaguas y Layna características como forma, tamaño, tipo de matriz, densidad de osteonas y osteocitos, que nos permitirán en un futuro desarrollar un método preciso para asignar una edad relativa a un resto óseo sin necesidad de tener el resto completo, simplemente con la sección de un fragmento de diáfisis.

Palabras clave: Hueso, Fósil, Mamífero, Histología, Crecimiento, Somosaguas, Layna.

ABSTRACT

This is a first approach to relate conserved fossil bone histology and growth stages for fossil mammals. A relationship exists between bone development and individual age for mammal bones. Comparing histological models belonging to actual mammals and human bones, it has been verified in fossil bones from Somosaguas and Layna sites some characters such as shape, size and density of osteo-

¹ Departamento de Paleontología, Facultad CC. Geológicas, Univ. Complutense, 28040, Madrid (España).

nes and osteocytes, kind of matrix, etc., that will allow us to develop a method to assign relative age to a fragment of fossil bone.

Key words: Bone, Fossil, Mammal, Histology, Growth, Somosaguas, Layna.

INTRODUCCIÓN

Trataremos de hacer una aproximación de la relación existente entre los caracteres histológicos de fósiles óseos de mamíferos de los yacimientos de Somosaguas y Layna, con el estadio de desarrollo de la entidad paleobiológica, a partir del reconocimiento de las estructuras histológicas en lámina delgada.

Dada la gran complejidad de procesos que se dan a lo largo de la formación y desarrollo de los huesos, nos parece conveniente ordenar el desarrollo de este trabajo en cuatro apartados:

- Descripción del desarrollo ontogénico de los huesos largos de mamíferos. Se estudiarán principalmente todos aquellos procesos que dan lugar a estructuras histológicas con alto potencial de ser conservados en los restos fósiles.
- Descripción de los modelos básicos de crecimiento de la diáfisis de huesos largos ya que, dada su relativa simplicidad, son los que permiten una mejor comprensión de estos procesos.
- Aproximación al reconocimiento de la edad relativa de un resto óseo por medio de su histología, aplicado a los mamíferos fósiles de Somosaguas y Layna. Se estudiarán los estadios de embrión, infantil, juvenil, subadulto, adulto y senil.
- Descripción somera del modelo de crecimiento de la mandíbula y su aplicación a los restos fósiles de Somosaguas, comparando la edad de un mamífero inferida de la dentición y la histología ósea.

MATERIAL Y MÉTODO

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MUESTRA

Los fósiles de macromamíferos que se encuentran en el yacimiento de Somosaguas presentan alteraciones tafonómicas que afectan a la microestructura ósea (POLONIO & LÓPEZ-MARTÍNEZ, en este volumen). Pero en ellos se observan gran parte de los elementos microestructurales que componen la

histología ósea. Los fósiles seleccionados para este estudio corresponden a diferentes regiones óseas de varios mamíferos determinados así como fragmentos de huesos (esquirlas) de mamíferos indeterminados.

Hemos estudiado nueve muestras del yacimiento de Somosaguas y una muestra del yacimiento de Layna. Seis de las muestras de Somosaguas (SOM-E1, SOM-E2, SOM-E3, SOM-E4, SOM-E5, SOM-E6) eran fragmentos de hueso (esquirlas) de mamífero indeterminado, todas de tamaño similar de orden centimétrico. Del ejemplar SOM78, correspondiente a un fragmento proximal de fémur de *Gomphoterium angustidens* (MAZO, en este volumen), hicimos una sección centimétrica de tejido óseo compacto de la zona diafisaria. Las otras dos muestras estudiadas corresponden a fragmentos mandibulares centimétricos de *Anchiterium* sp. asociados a dentición decidua y adulta, SOM30 y SOM74 respectivamente. La muestra de Layna (Layna 1) corresponde una diáfisis de hueso largo de un micromamífero.

MÉTODO

Para la observación de la histología ósea en restos fósiles hemos procedido a la realización de láminas delgadas, englobando las muestras seleccionadas en resina poliéster, y cortándolas con sierra de diamante refrigerada con agua; una vez hecho el corte orientado y limpiada la superficie de corte mediante un aparato de ultrasonidos, rellenamos la porosidad de la muestra, aplicando pegamento rápido (tipo SUPERGLUE) en la superficie cortada a unos 40-50 grados centígrados. A continuación se rebaja la superficie cortada unos dos mm con carborundo como abrasivo, utilizando cada vez tamaño de grano más pequeño y cuidando de limpiar la muestra cada vez que cambiamos de grano. Finalmente se pule la superficie con alúmina, se limpia y se deja secar. Una vez seca, se pega esta superficie a un porta de cristal con pegamento de tipo Micratec y se deja fraguar durante 24 horas a unos 30 grados en una prensa. Ya seco se vuelve a cortar la muestra con la sierra de diamante, paralelamente al porta y a algo menos de dos milímetros de distancia de éste. A partir de aquí se repite el proceso de rebajado con carborundo de diferentes granulometrías, hasta alcanzar aproximadamente las 30 micras de espesor. Por último pulimos y rebajamos con alúmina.

Estas láminas delgadas suelen tener espesores menores de los estándar, pero rara vez llegan a ser láminas ultrafinas; son lo que se suele denominar laminas muy finas. El espesor más adecuado puede estar alrededor de las quince micras, pero esto puede variar según la opacidad de la muestra.

Las secciones suelen ser transversales y de una diáfisis de hueso largo, ya que es en esta zona donde los procesos que describiremos se observan más fácilmente. Normalmente el resultado será igualmente válido si realizamos la lamina solamente de un sector de la circunferencia que resulta de seccionar una diáfisis transversalmente, siempre y cuando en este sector aparezca representada desde la parte más externa a la más interna del hueso compacto. También hemos realizado secciones de mandíbulas, que permiten comparar la edad del mamífero inferida de la histología ósea y la dentición.

EL DESARROLLO HISTOLÓGICO ÓSEO DE HUESOS LARGOS A LO LARGO DE LA ONTOGENIA EN MAMÍFEROS

Durante el estado embrionario se genera un primer elemento esquelético de cartílago hialino, que posteriormente es sustituido por hueso primario durante la osificación primaria (PANIAGUA 1996). Sucesivamente el hueso de origen primario, no laminar, es sustituido por hueso laminar en una serie de procesos denominados osificación secundaria (RICQLÉS *et al.*, 1993; KERLEY, 1965).

OSIFICACIÓN PRIMARIA

Una vez desarrollado el elemento esquelético cartilaginoso, comienza durante el período embrionario, la osificación primaria. A partir del periostio, se genera una fina envuelta ósea alrededor de la parte central de la diáfisis denominada collarete perióstico. Con el tiempo esta envuelta comienza a extenderse hacia los extremos, simultáneamente en el interior de la diáfisis y hacia su parte central, empieza a producirse la sustitución de cartílago por hueso, en forma de trabéculas longitudinales muy finas. Los espacios entre estas trabéculas se van rellenando a lo largo del tiempo con material óseo, reabsorbiéndose el cartílago. Este proceso avanza del centro diafisario hacia los extremos, desapareciendo el cartílago según avanza el proceso de osificación. Todo el hueso depositado en este proceso es de tipo primario. El cierre de los espacios intertrabeculares con material óseo puede darse de manera más o menos concéntrica, de modo que en sección transversal aparecen pseudosteonas, estructuras que aparentemente son similares a osteonas, pero que en realidad no tienen nada que ver con éstas (PANIAGUA, 1996).

OSIFICACIÓN SECUNDARIA

Coincidiendo con la mayor necesidad de resistencia mecánica de los huesos que supone el desarrollo locomotor postnatal (LANYON 1993), se comienza a generar hueso laminar, altamente orientado, mucho más ordenado y denso (KUHN *et al.*, 1996) así como más resistente mecánicamente. En una sección oblicua de la muestra SOM-E2 se observan, en nícoles cruzados, cruces pseudoaxiales en la matriz, indicando claramente la orientación de ésta (Fig. 1). El periostio, por aposición de capas concéntricas sucesivas de hueso laminar, engrosa los sistemas circunferenciales externos. A partir de este momento la remodelación ósea comenzará a extenderse. Esta remodelación ósea es llevada a cabo por los sistemas de Havers u osteonas mediante reabsorción y posterior precipitación de hueso laminar y se dará durante el resto de la vida del animal, de modo que con el tiempo irá borrando todo rastro de osificaciones primarias, llegando a remodelar parcial o totalmente osteonas previamente formadas (FAWCETT, 1995).

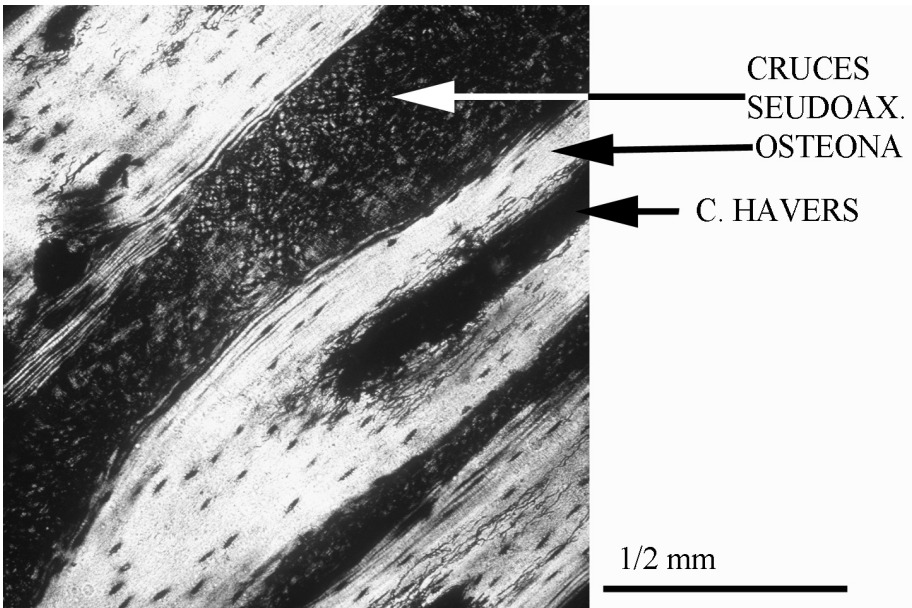


Figura 1.—Sección oblicua de la muestra SOM-E2, en la que se observan, en nícoles cruzados, cruces pseudoaxiales en la matriz, indicando claramente la orientación de ésta.

Figure 1.—Oblique section of SOM-E2 bone fragment, cross nichols, with pseudoaxials crosses in the matrix, clearly defining its orientation.

CRECIMIENTO DE LOS HUESOS LARGOS

En los huesos largos normalmente se hace referencia a tres zonas diferenciadas: diáfisis (zona cilíndrica y alargada), epífisis (extremos articulares del hueso) y metáfisis (zona troncocónica situada entre la diáfisis y la epífisis).

CRECIMIENTO EN ANCHURA

Este crecimiento se produce a partir de la aposición de capas óseas concéntricas de origen perióstico (sistema circunferenciales externos en origen), que a lo largo de la ontogenia inicialmente son de hueso primario y que posteriormente cambiará a secundario (WEISS, 1988).

CRECIMIENTO EN LONGITUD

En la metáfisis se sitúa la denominada placa epifisaria que es la responsable última del crecimiento en longitud del hueso, ya que a lo largo del tiempo en esta zona se va generando cartílago que alarga el hueso y que posteriormente sufre procesos de sustitución ósea, consiguiendo como resultado el crecimiento en longitud del hueso. El fin del crecimiento se da cuando la placa epifisaria deja de generar cartílago y se osifica, de manera que epífisis y diáfisis quedan perfectamente soldadas (WEISS, 1988).

APROXIMACIÓN AL ESTADIO ONTOGENÉTICO PARA DIÁFISIS DE HUESO LARGO

Esta aproximación que proponemos se basa en el desarrollo temporal de las estructuras histológicas propias de cada edad observadas en sección transversal (KERLEY, 1965; STOUT & STANLEY 1991). Estas estructuras son relativamente comunes a la práctica totalidad de los mamíferos (CASTANET *et al.*, 1993). En sección longitudinal, la complejidad estructural en tres dimensiones de los cuerpos osteonales, hace que la comprensión de los procesos y la identificación de las estructuras histológicas sea algo complejo, en algunos casos prácticamente imposible.

En este trabajo intentamos aproximarnos a las categorías ontogénicas clásicas, de embrión, infantil, juvenil, subadulto, adulto y senil.

Histológicamente cada una de estas etapas podría distinguirse de las demás por una serie de estructuras que son el resultado de unos procesos

(KERLEY, 1965), determinados por el crecimiento del individuo, siempre teniendo en cuenta que los límites entre ellas son graduales y por lo tanto difusos.

PARA EL EMBRIÓN

Procesos: Formación del collarete perióstico. Sólo osificación primaria. Predominio del cartílago sobre el hueso en estados iniciales (EDEIKEN & HODES, 1977).

Estructuras: Hueso de tipo primario, pseudosteonas, grandes cavidades sin hueso pertenecientes a cartílago hialino (FAWCETT, 1995).

El límite con el estadio infantil: Es difuso, la osificación con hueso primario de las epífisis, así como la completa sustitución de cartílago por sustancia ósea pueden ser indicadores de esta transición que en todo caso es gradual.

En nuestras muestras de Somosaguas y Layna no hemos encontrado ningún resto que tenga las estructuras típicas de embrión.

PARA INFANTIL

Procesos: Se completa la sustitución de cartílago hialino por hueso primario, principio de la remodelación ósea y generación de hueso secundario por parte del periostio (EDEIKEN & HODES, 1977) para dar más resistencia mecánica al hueso, primeras osteonas sobre hueso primario, comienzo de reabsorción ósea por parte del endostio para agrandar la cavidad medular.

Estructuras histológicas: En un principio todo el hueso es de origen primario, con estructuras típicas de pseudosteonas, pero poco a poco empezarán a aparecer las primeras osteonas, sobre hueso primario, éstas son de formas no excesivamente circulares y sus contornos se adaptan los unos a los otros, no existe prácticamente la competencia entre osteonas, de manera que los sistemas intersticiales son de hueso primario (FAWCETT, 1995). El sistema circunferencial externo puede ser de hueso primario y/o secundario.

Límite con el estadio juvenil: Este límite también es gradual, en el juvenil no existe hueso primario y las osteonas ya tienen la típica forma circular regular, dejando unos sistemas intersticiales que son de hueso de origen perióstico laminar en su mayor parte. El juvenil ya empieza a desarrollar una clara competición osteonal.

Para la muestra de Layna (Fig. 2), sección de diáfisis femoral perteneciente a un micromamífero que no tenía la epífisis proximal fusionada y que por lo tanto sería infantil o juvenil, se observa que el sistema circunferencial

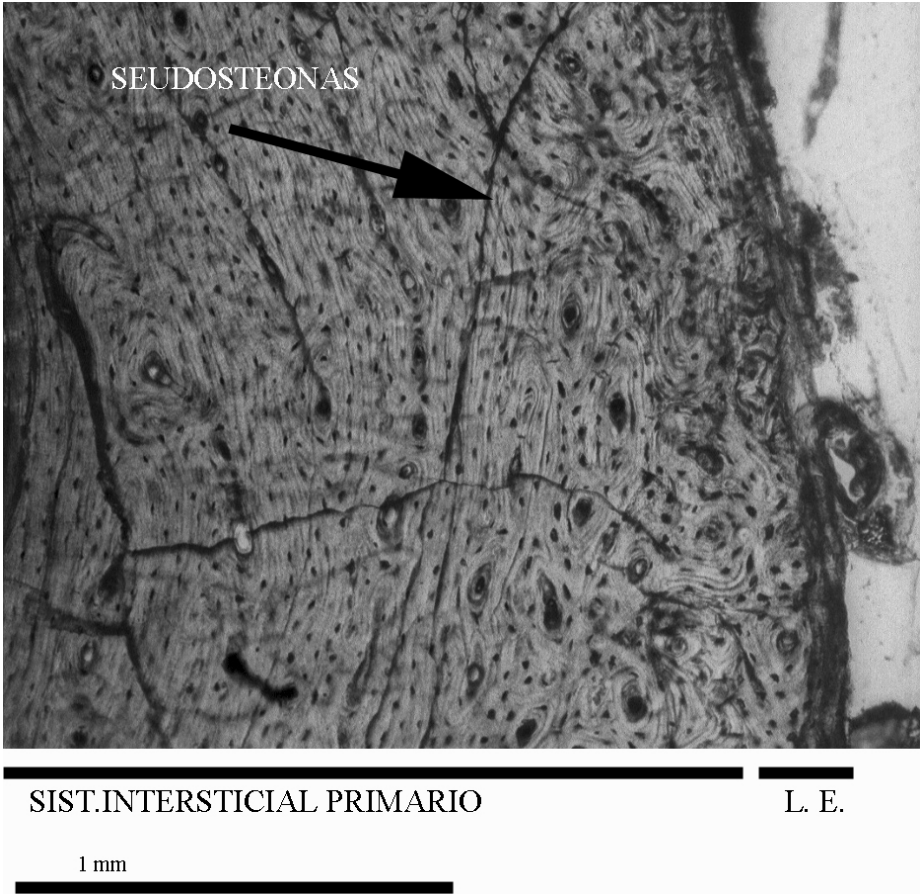


Figura 2.—Sección de diáfisis femoral perteneciente a un micromamífero (Layna 1) que no tenía la epífisis proximal fusionada y que por lo tanto sería infantil o juvenil. Se observa el sistema circunferencial externo de hueso primario (L. E.), seudosteonas y matriz de hueso primario (SIST. INTERSTICIAL PRIMARIO), todas ellos elementos histológicos típicos de un ejemplar infantil.

Figure 2.—Micromammal femoral diaphysis section (Layna 1), in which proximal epiphyses were not joined. Because of this infantile or juvenile. It is observed that inner circumferential system is primary bone (L. E.), it has pseudosteons and primary bone matrix (SIST. INTERSTICIAL PRIMARIO), all characters of infantile one.

externo es de hueso primario, tiene seudosteonas y matriz de hueso primario, todas ellas características de un ejemplar infantil.

PARA JUVENIL

Procesos: El hueso crece mucho en anchura y longitud buscando sus dimensiones definitivas, esta es la etapa de crecimiento por excelencia. El endostio comienza a absorber hueso para hacer mas grande la cavidad medular lo que contribuirá a borrar la existencia de las anteriores estructuras histológicas (FAWCETT, 1905).

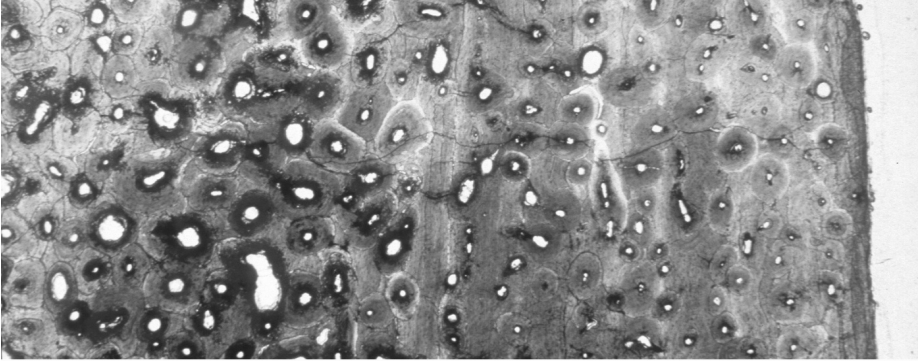
Estructuras histológicas: Las características fundamentales son la ausencia de hueso primario (EDEIKEN & HODES, 1977) y la presencia de un sistema intersticial en el que predomina el hueso de origen perióstico, ordenado cristalográficamente y con presencia de fibras de Sharpey muy alejadas del periostio, así como osteonas muy regulares, que comienzan a tener sustitución entre ellas.

Límite con el estadio subadulto: La remodelación ósea se produce antes en las partes internas de la compacta que en las externas y el predominio de la competición entre osteonas, que llega a transformar completamente los sistemas intersticiales de laminares a brechoides, también sigue este patrón. El paso del estado juvenil al subadulto está marcado por este proceso. Cuando los sistemas intersticiales son predominantemente brechoides y los sistemas circunferenciales externos estén muy reducidos estaremos ya ante un subadulto.

Para la muestra SOM-E2, esquirla de diáfisis de hueso largo, perteneciente al yacimiento de Somosaguas (Fig. 3), las características observadas son: la ausencia de hueso primario en toda la muestra y la presencia de un sistema intersticial en el que predomina el hueso de origen perióstico, con fibras de Sharpey que llegan a estar muy alejadas del periostio, sistema circunferencial externo muy desarrollado, así como osteonas muy regulares, que comienzan a sustituirse entre ellas. El sistema circunferencial interno remodela osteonas preexistentes, ensanchando la cavidad medular. Todo ello parece indicar que el hueso estaba creciendo rápidamente, y que claramente pertenecería a un juvenil; en esta muestra no tenemos mas criterios que los histológicos para definir su estadio de crecimiento.

PARA SUBADULTO

Procesos: Fin del crecimiento del animal y por lo tanto del hueso, remodelación ósea predominante (EDEIKEN & HODES, 1977).



SIST. INTERSTICIAL LAMINAR

L. E.

1 mm

Figura 3.—Muestra SOM-E2, esqirila de diáfisis de hueso largo, perteneciente al yacimiento de Somosaguas. Las características observadas son: la ausencia de hueso primario en toda la muestra y la presencia de un sistema intersticial en el que predomina el hueso de origen perióstico (SIST. INTERSTICIAL LAMINAR), con fibras de Sharpey que llegan a estar muy alejadas del periostio, sistema circunferencial externo muy desarrollado (L. E.), así como osteonas muy regulares, que comienzan a sustituirse entre ellas. Todo ello parece indicar que el hueso estaba creciendo rápidamente, y que claramente pertenecería a un juvenil; en esta muestra no tenemos más criterios que los histológicos para definir su estadio de crecimiento.

Figure 3.—SOM-E2, diaphysarian fragment of long bone, belonging to Somosaguas site. Characters are: non primary bone, interstitial system from periostic origin (SIST. INTERSTICIAL LAMINAR), Sharpey's fibers far from periostic site, outer circumferential system well developed (L. E.), regular osteons. All seems to indicate that bone was growing quickly, so this fragment could belong to a juvenile. We have no other criteria, histological apart, to interpretate relative age.

Estructuras histológicas: Predominio de las osteonas, regulares en tamaño y forma, sistemas intersticiales de tipo brechoide en la casi totalidad de la compacta, excepto en algunas zonas cerca de los sistemas circunferenciales externos, lo cuales se encuentran muy reducidos (FAWCETT, 1995).

Límite con el estadio adulto: El paso de subadulto-adulto es gradual y viene marcado por el progresivo predominio de las osteonas y por tanto de

los sistemas intersticiales brechoides al final del crecimiento, y por la completa desaparición de sistemas intersticiales de origen perióstico, llegando a ser remodelados en algunas zonas los exiguos restos de los sistemas circunferenciales externos.

PARA ADULTO

Procesos: Predominantemente remodelación ósea por parte de las osteonas (EDEIKEN & HODES, 1977).

Estructuras histológicas: Osteonas, sistemas intersticiales brechoides en su totalidad, sistema circunferencial externo altamente reducido y con algunas osteonas que lo llegan a remodelar (FAWCETT, 1995).

Límite con el estadio senil: Sobre todo la aparición de grandes cavidades de reabsorción típicas de osteoporosis senil y grandes diferencias de calcificación de partes externas a internas en las osteonas de última generación.

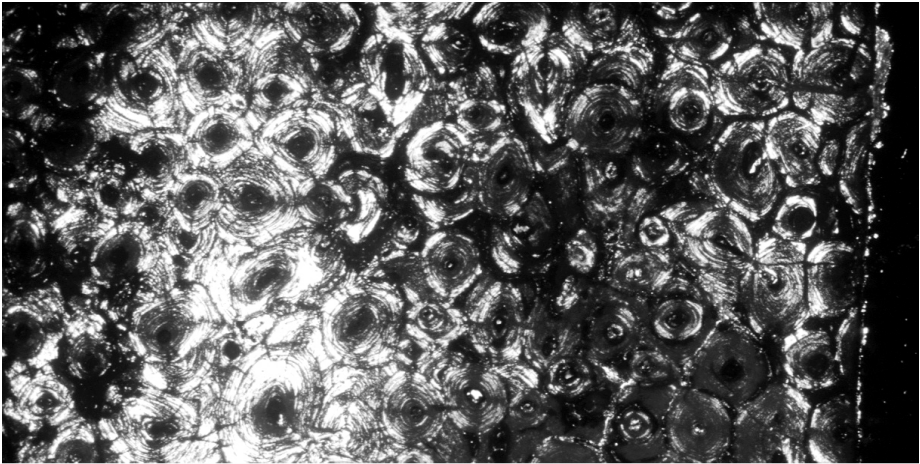
Realizamos una sección en un fragmento externo de diáfisis de húmero perteneciente a *Gomphoterium angustidens* (MAZO, este volumen) con las epífisis completamente soldadas (SOM 78), por lo tanto adulto (Fig. 4). Para el mastodonte las principales características observadas son: hueso de tipo secundario; sustitución osteonal en su totalidad, sistema intersticial brechoides; sistema circunferencial externo muy reducido y en ocasiones remodelado por osteonas. Todo ello parece indicar que estamos ante un ejemplar maduro, adulto aunque todavía no podemos precisar si se trata de un adulto joven o si ya ha entrado en el período senil. Dado el grado de remodelación osteonal descartamos que pudiera ser subadulto.

PARA SENIL

Son raros en el registro fósil de mamíferos no humanos los restos atribuibles a un ejemplar senil (LÓPEZ MARTÍNEZ, com. oral).

Procesos: Principalmente la ralentización de los procesos metabólicos y una densidad de mineralización menor (LOCKHART *et al.*, 1965).

Estructuras histológicas: La aparición de grandes cavidades de reabsorción y de grandes diferencias de calcificación en las osteonas de última generación, son caracteres típicamente seniles (LOCKHART *et al.*, 1965), sólo las hemos podido constatar en autoradiografías encontradas en bibliografía relativa a humanos. Por ello las observaciones en lámina delgada de los ejem-



SIST. INTERSTICIAL BRECHOIDE

EXT.

1mm

Figura 4.—Sección en un fragmento externo de diáfisis de fémur de *Gomphoterium angustidens* (MAZO, este volumen) con las epífisis completamente soldadas (SOM78), con nícoles cruzados. Las características observadas son: hueso de tipo secundario; sustitución osteonal en su totalidad, sistema intersticial brechoide; sistema circunferencial externo muy reducido y, en ocasiones, remodelado por osteonas. Todo ello parece indicar que estamos ante un ejemplar adulto. Zona externa de la sección (EXT.).

Figure 4.—Femoral diaphyses bone fragment, belonging to Gomphoterium angustidens (MAZO, this volumen), with joined epiphyses (SOM78), cross nichols, shows completely osteonal remodelation, even the outer circumferential system and brechoid matrix. All seems to indicate that this femur belonged to an adult.

plares adultos de Somosaguas, que podrían haber entrado dentro de esta categoría, no son concluyentes.

APROXIMACIÓN AL ESTADIO ONTOGENÉTICO PARA HUESOS MANDIBULARES

El desarrollo de las estructuras histológicas de la mandíbula a lo largo de la ontogenia es similar, a grandes rasgos, a la comentada para los huesos lar-

gos y aunque el modelo de crecimiento sea diferente, podemos relacionar su histología con el estadio de crecimiento (FAWCETT, 1995).

Para un fragmento mandibular de *Anchitherium* sp., que tenía dos molares deciduos asociados (SOM30), perteneciente al yacimiento de Somosaguas (Fig. 5), las principales características observadas son; hueso de tipo primario, no laminar en su totalidad. Presencia de pseudosteonas, y carencia de sistemas circunferenciales externos bien definidos. Canales vasculares muy anchos. Todo lo cual parece indicar que estamos ante un ejemplar infantil. Por todos estos caracteres inferimos que la muestra podría pertenecer a un fósil que tiene una edad de muerte infantil, dentro de un margen que iría del nacimiento a los primeros estadios de juvenil. Descartamos la posibilidad de que sea un juvenil en pleno desarrollo.

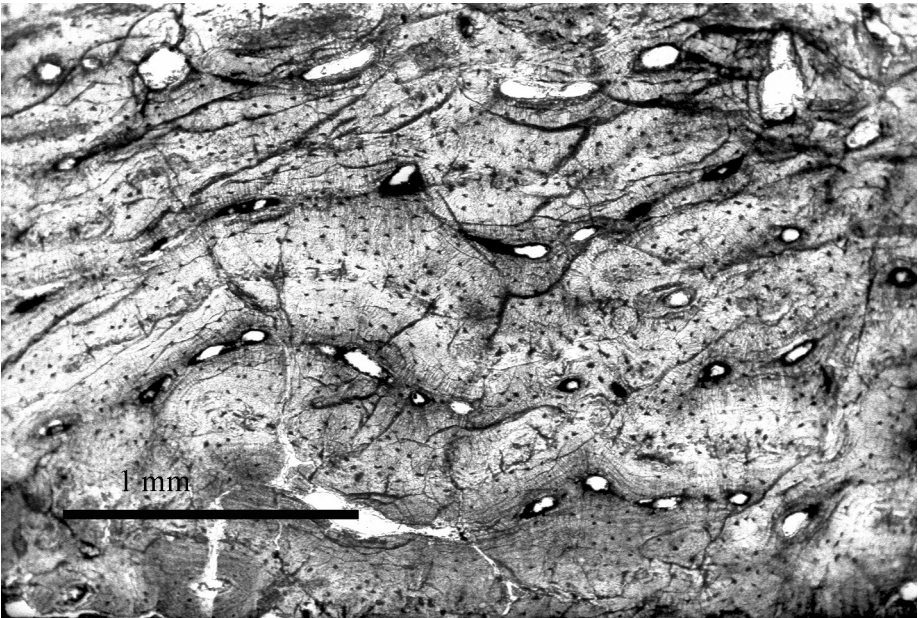


Figura 5.—Sección de un fragmento mandibular de *Anchitherium* sp. que tenía dos molares deciduos asociados (SOM30), perteneciente al yacimiento de Somosaguas. Se observa hueso de tipo primario, no laminar en su totalidad, presencia de pseudosteonas y carencia de sistemas circunferenciales externos bien definidos. Canales vasculares muy anchos. Todo lo cual parece indicar que estamos ante un ejemplar infantil.

Figure 5.—Section of a jaw fragment, associated to decidual teeth (SOM30) and belonging to Somosaguas site. It is observed primary bone, no outer circumferential system, pseudosteons, wide vascular cannals. All indicative of an infantile element.

Para un fragmento mandibular de *Anchitherium* sp., perteneciente al yacimiento de Somosaguas (SOM74) asociado a molares definitivos, las estructuras histológicas son las típicas de un adulto: matriz brechoide, sustitución osteonal y sistema circunferencial externo muy reducido (Fig. 6).

CONCLUSIONES

Este es un estudio preliminar de cómo es posible relacionar el estado de crecimiento con la histología ósea (KERLEY, 1965), aplicado a restos fósiles de mamíferos. En los restos de Somosaguas y Layna hemos comprobado esta posibilidad, haciendo pruebas con muestras que conocíamos por otros méto-

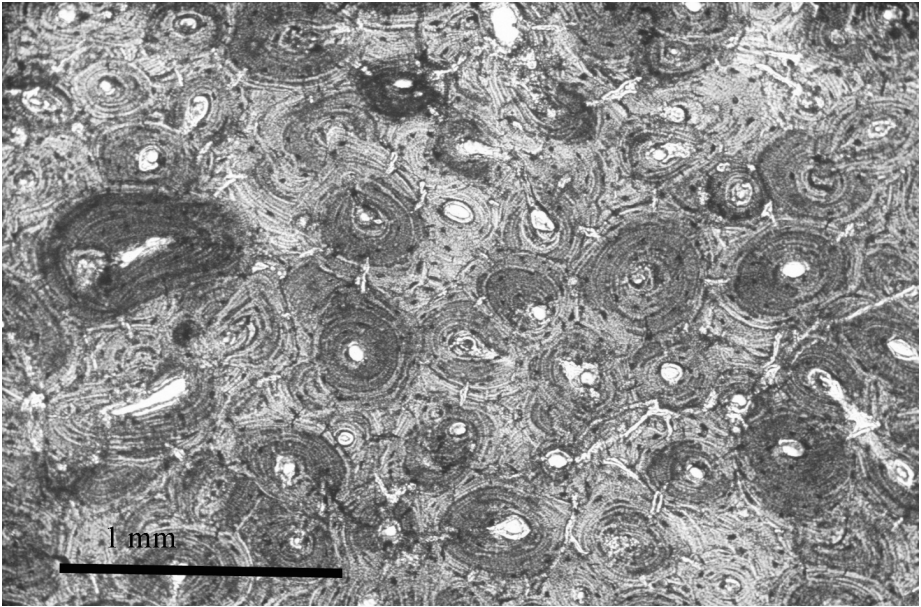


Figura 6.—Muestra SOM-E5, esquirla de diáfisis de hueso largo, perteneciente al yacimiento de Somosaguas. La característica principal observada es la presencia de sistema intersticial brechoide en su totalidad y sistema circunferencial externo muy reducido. Probablemente perteneciente a un individuo adulto.

Figure 6.—SOM-E5, diaphysarian fragment of long bone, belonging to Somosaguas site. Principal observated character is the presence of an interstitial system completely brechoide and a very restricted outer circumferential system. We have no other criteria, histological apart, to interpretate relative age, but this bone fragment seems to be an adult fragment.

dos sus edades relativas, comprobándose los resultados a través del estudio paleohistológico.

Realizamos también láminas delgadas de seis esquirlas, no identificables taxonómicamente y pertenecientes a diáfisis de huesos largos. Para éstas, las edades relativas que se deducen son juveniles, excepto una que sería adulto (SOM-E5) (Fig.6).

En la histología de los restos fósiles estudiados, al comparar unas muestras con otras, observamos diferencias tales como:

1. Variaciones de los diámetros y longitudes medias de las osteonas y de los canales de Havers;
2. leves variaciones morfológicas de los osteocitos;
3. variaciones en el número de osteonas y osteocitos por unidad de superficie (en sección transversal);
4. variación del número medio de láminas concéntricas que forman una osteona;
5. número de canalículos por osteocito, etc.

A nuestro entender, todas estas variaciones podrán ser utilizadas en un futuro, para el diagnóstico sistemático, como caracteres que permitirán hacer aproximaciones de tipo taxonómico (DAVENPORT & RUDELL, 1995); asimismo serán útiles para el estudio del dimorfismo sexual, en fósiles a través de su histología, algo que ya se está desarrollando en estudios forenses para seres humanos (ISCAN *et al.*, 1998), y partiendo únicamente de una esquirla de hueso fósil.

Todo ello permitirá aprovechar un ingente material fósil, como las esquirlas y fragmentos óseos que anteriormente no podían ser utilizados en este contexto.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Departamento de Paleontología de la UCM por el acceso a sus infraestructuras y por el trato personal que nos dispensan. A los Dres. R. SOLER, P.J. PÉREZ (Universidad Complutense, Madrid) y Y. FERNÁNDEZ JALVO (Museo Nacional de Ciencias Naturales) por sus sugerencias y comentarios, que mejoraron el resultado. A nuestros compañeros del proyecto Somosaguas Aitor, Josemi, David e Israel. A la Dra. N. LÓPEZ MARTÍNEZ y a O. KÄLIN (Universidad Complutense, Madrid) por su ayuda, tiempo e interés.

Recibido el día 15 de octubre de 1999

Aceptado el día 14 de marzo de 2000

BIBLIOGRAFÍA

- CASTANET, J., FRANCILLON-VIEILLOT, H., MEUNIER, F. J. & RICQLÈS, A. 1993. Bone and individual aging. *In: Bone. Vol. 7.9: Bone growth-B.* HALL, B. K. Ed., págs. 245-283. C.R.C. Press. Boston.
- DAVENPORT, C. & RUDDELL, M. 1995. Identification of *Eqqus* species based on bone histology. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **15** (3), Suppl: 25. A.
- EDEIKEN, J. & HODES, P. J. 1982. *Diagnostico radiologico de las enfermedades de los huesos*. 1152 págs. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires.
- FAWCETT, D. W. 1995. *Tratado de histología*. 1044 págs. Interamericana McGraw-Hill. Madrid.
- ISCAN, M. Y., LOTH, S. R., KING, C. A., SHIHAI, D. & YOSHINO, M. 1998. Sexual dimorphism in the humerus: a comparative analysis of Chinese, Japanese and Thais. *Progress in Forensic Anthropology*, **98** (1-2): 17-29.
- KERLEY, E. R. 1965. The microscopic determination of age in human bone. *American Journal of Physical Anthropology*, **23**: 149-164.
- KUHN, L. T., FINK, D. J. & HEUER, A. H. 1996. Biomimetic strategies and materials processing. *In: Biomimetic Materials Chemistry*. MANN, S. Ed., págs. 41-52. Wiley, J. & Sons. New York.
- LANYON, L. E. 1993. Biomechanical properties of bone and response of bone to mechanical stimuli: functional strain as a controlling influence on bone modeling and remodeling behavior. *In: Bone. Vol. 3.2: Bone matrix and bone specific products*. HALL B. K. Ed. C.R.C. Press. Boston.
- LOCKHART, R. D., HAMILTON, G. F. & FYTE, F. W. 1965. *Anatomia humana*. 695 págs. Ed interamericana. Méjico.
- MAZO, A.V. (este volumen). Presencia de *Gomphotherium angustidens* (CUVIER) (Proboscidec, Mammalia) en el yacimiento de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid). *Coloquios de Paleontología*.
- PANIAGUA, R. 1996. *Citología e histología vegetal y animal. Biología de las células y tejidos animales y vegetales*. 807 págs. Interamericana. McGraw-Hill. Madrid.
- POLONIO, I. & LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. (este volumen). Análisis tafonómico de los yacimientos de Somosaguas (Mioceno medio, Madrid). *Coloquios de Paleontología*.
- RICQLÈS, A. MEUNIER J., CASTANET, J. & FRANCILLON-VIEILLOT, H. 1993. Comparative microstructure of bone. *In: Bone. Vol. 3.1: Bone matrix and bone specific products*. HALL B. K. Ed., págs. 1-78. C.R.C. Press. Boston.
- STOUT, S. D. & STANLEY, S. C. 1991. Percent osteonal bone versus osteon counts: The variable of choice for estimating age at death. *American Journal of Physical Anthropology*, **86** (4): 515-519.
- WEISS, L. 1988. *Cell and tissue biology. A textbook of histology*. págs. 1158 Urban & Schwarzenberg. Munich.