

Estudio de la osificación postnatal en ovinos de raza rasa aragonesa

R. GARCIA-GONZALEZ *

INTRODUCCION

El presente trabajo se propone el estudio de los procesos de osificación que tienen lugar en los ovinos aragoneses (ecotipo Anostano) después del nacimiento, y principalmente dentro del primer año de vida.

Más que los procesos histológicos que entraña la osificación, se considerarán los de nivel macroscópico. Concretamente se estudiará la sucesión en el tiempo, de la sutura de los distintos elementos óseos entre sí (diáfisis, epífisis y apófisis), y la aparición de nuevos centros de osificación. En los Ungulados, la gran mayoría de dichos centros, han aparecido ya al nacimiento, de tal forma que se trata, sobre todo, de centros complementarios.

Los datos suministrados son, por sí solos, de interés para la Anatomía en su sentido clásico. Con este criterio (descriptivo) se han expuesto los resultados, constituyendo la parte más extensa. Pero, debido al hecho de que las secuencias de los tiempos de sutura parecen ser bastante fijas dentro de las especies (y a veces dentro de taxones más amplios), y debido a que el esqueleto es sin duda la parte más perdurable de los animales que lo poseen, los datos que se expondrán interesan también a un buen número de disciplinas. Así, por ejemplo, la Zootecnia: relaciones osificación-precocidad-producción (Hammond, 1932), diferenciación racial en ovinos; la Anatomía comparada: patrones de osifica-

ción (Grassé, 1967), y la Filogenia. Por otra parte, el conocimiento preciso de los tiempos de sutura proporciona una base adecuada para la determinación de la edad (Ahnlud, 1976), con posible extrapolación a los salvajes (García-González, 1982). Por esta razón, estos datos son útiles también para la Zoología y la Paleontología (determinación de especie y edad en restos fósiles).

Los trabajos realizados sobre este tema no son muy numerosos, aunque algunos de ellos se consideran importantes. Por ejemplo, suelen citarse como clásicas las leyes de Serres (1819) (Grassé, 1967, p. 339) o el trabajo de Lesbre (1897), sobre el que se apoya en gran parte el de Curgy (1965), o los estudios citados por Hammond (1932, pp. 155 y 232). Las especies más estudiadas son el hombre y los animales domésticos.

De todas formas, varios de estos trabajos se realizaron con series de animales relativamente distanciados en el tiempo, por lo que a veces carecen de precisión suficiente. El presente estudio tiene la ventaja de basarse en una serie relativamente numerosa de animales en crecimiento, y en un conocimiento exacto de la edad de los mismos (en los individuos menores de un año).

MATERIAL Y METODOS

Se han utilizado un total de 38 esqueletos provenientes de animales cuyas edades se reparten del modo siguiente: 2 hembras abortadas de 1.069 y 1.923 gr. de peso corporal; 2 machos de 3 y 4 días y una hembra de 10 días; una pareja (macho y hembra) sacrificada

* Centro pirenaico de Biología experimental. Apdo. 64. Jaca (Huesca).

a la edad de 10, 20 y 30 días, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 y 12 meses; 5 hembras adultas: una de 1 a 2 años, otra de 3 a 4 años, y las 3 restantes en el límite de edad (8 a 10 años); 2 machos adultos: uno de 4 a 5 años y el otro de 7 a 9 años; se ha dispuesto además de un esqueleto de un cordero de 0 a 5 días, y de 3 esqueletos de edades comprendidas entre 2 y 3 meses. La edad de los animales mencionados en primer lugar se conoce porque fueron marcados al nacimiento. La edad del resto (7 adultos y 4 corderos) se determinó en base a su dentición y al estado general del esqueleto (Aparicio, 1957; Helman, 1965; Biloti, 1939). El régimen de mantenimiento y crianza de estos animales se expone detalladamente en García-González (1980). Básicamente puede decirse que (excepto los adultos) se mantuvieron en estabulación permanente y alimentación *ad libitum*, por tanto en condiciones óptimas de crianza. Pertenecen a la raza Rasa Aragonesa ecotipo Ansotano (Valle de Ansó, Pirineo occidental de Huesca), afín (si es que no se trata del mismo) al ecotipo Roncalés (Valle del Roncal, Pirineo navarro).

El procedimiento utilizado ha sido la observación detallada de cada elemento óseo en toda la serie de esqueletos, y la anotación de los intervalos de edad entre los cuales se producía la sutura o aparición de nuevos centros de osificación. Debe tenerse en cuenta que el proceso de sutura de epífisis y diáfisis no es instantáneo; dura un cierto tiempo, que puede variar entre pocas semanas y varios años. Lo mismo sucede con la persistencia de las líneas de sutura. Por lo tanto, es imposible fijar la edad exacta (puntual) en la que se producen las distintas fusiones. El criterio que he seguido es considerar que hay fusión cuando por ebullición las epífisis y apófisis no se separan. Cuando las partes han iniciado la fusión, o se han fusionado pero la línea de sutura es claramente visible, se hablará de sutura parcial.

Se ha seguido la nomenclatura utilizada por Sisson y Grossman (1959) y por Grassé (1967). En casos muy particulares se ha usado la de Cury (1965).

RESULTADOS

Como es sabido, durante el proceso de for-

mación del hueso existe en principio un esbozo cartilaginoso en el que se produce una condensación ósea, a partir de la cual se desarrolla el nuevo elemento. Dicha condensación es lo que se llama el **centro, punto o núcleo de osificación**. Todas las piezas del esqueleto se producen a partir de dichos núcleos. Algunos huesos proceden sólo de un núcleo, pero la mayor parte procede de varios. Sólo pueden describirse procesos de fusión en aquellos huesos que tienen más de un centro de osificación. Normalmente los centros de osificación se clasifican de la siguiente manera:

- Centros primarios: son los situados en el centro (diáfisis) del hueso futuro (huesos largos), a menos que haya varios diseminados (vértebras, coxal). En algunos huesos estos centros son los únicos.
- Centros secundarios o epifisarios: son los centros a partir de los cuales se desarrollan las epífisis de los huesos largos. También se utiliza a veces este nombre para las láminas epifisarias de las vértebras.
- Centros terciarios, complementarios o apofisiarios: son los que originan apófisis o tuberosidades sobre los que se insertan músculos potentes (tuberidad del húmero, trocánteres femorales, etc.). Se pueden incluir también los sesamoideos tenontógenos y artrógenos.

La distinción entre estas dos últimas categorías no siempre es del todo clara.

Los resultados obtenidos para la muestra estudiada se exponen a continuación:

Cráneo

Occipital.— Al nacimiento el occipital se encuentra dividido en 4 partes: la porción escamosa (supraoccipital), dos porciones laterales (exoccipital) que incluyen los cóndilos y las apófisis paramastoides, y la porción basilar (basioccipital).

— Las porciones laterales se unen con el basioccipital entre los 2 y 3 meses (el macho de 3 meses presenta sólo sutura parcial).

— Las porciones laterales se fusionan entre sí entre los 4 y 6 meses.

Edades de suturaOccipital:

exoccipital-basioccipital	2-3 meses
porciones laterales entre sí	4-6 "
exoccipital-porciónescamosa	6-8 "
basioccipital-postesfenoides	6-8 "
	8-10 "

♀
♂

Esfenoides: presflenoides-postesfenoides

4-6 años

Etmoides: lámina cribosa

6-8 meses

Interparietal:

< 20 días

Tabla 1.—Resumen de las osificaciones postnatales del cráneo en ovinos aragoneses.

Parietal: sutura media

10-30 días

Hiodes: basihyal (+)

>2 meses

+ aparición de un centro de osificación nuevo.

> más de

< menos de

— Las porciones laterales y la porción escamosa se fusionan entre los 6 y 8 meses.

— El basioccipital y el postesfenoides se fusionan totalmente entre los 6 y 8 meses en las hembras y entre los 8 y 10 meses en los machos.

Esfenoides.— Al nacimiento se encuentra dividido en preesfenoides y postesfenoides. La fusión entre estas dos partes es una de las últimas de las que tienen lugar en el esqueleto, y sin duda se realiza después de los 4 años. El macho adulto de 4-5 años todavía no lo tiene osificado, aunque sí lo está en los adultos viejos. Probablemente la sutura se realiza entre los 4 y 6 años.

Etmoides.— La lámina cribosa se osifica entre los 6 y 8 meses.

Interparietal.— Al parecer, la presencia de este hueso es muy variable en los diversos Ordenes de Mamíferos (Grassé, 1967, pp. 484 y 502). Al igual que señala Sisson y Grossman (1959) para el caballo, la fusión del hueso interparietal con los parietales se produce a una edad variable. En los corderos estudiados no

se ha observado la presencia de este hueso después de los 20 primeros días de vida; sin embargo, algunos con menos edad tampoco lo presentan. De los 10 cráneos menores de 20 días el interparietal se ha detectado en 6 (en dos, sutura parcial). Alguno de ellos lo tiene dividido en dos, evidenciando su carácter doble. En el resto está ya osificado (o no se presenta).

Parietales.— La fusión de los dos huesos parietales es difícil de determinar debido al corte longitudinal de los cráneos. De todas formas, parece que la sutura se cierra entre los 10 y 30 días.

Frontales.— Cada uno de los dos huesos frontales se origina a partir de un solo núcleo de osificación. Las dos porciones no llegan a fusionarse nunca durante la vida del ovino.

Temporal.— Las tres porciones del temporal: escamosa, timpánica y paramastoidea se encuentran ya fusionadas al nacimiento, por lo que no se ha observado ningún proceso de fusión.

La mayor parte de los huesos de la cara se forman a partir de un solo centro de osifi-

cación (Lessertisseur et Saban, 1967, p. 343). por lo que se comprende fácilmente que no se hayan observado procesos de sutura de sus elementos, durante el crecimiento postnatal.

Hioídes

Las distintas piezas que componen el hioídes no se han encontrado soldadas entre sí ni siquiera en los animales viejos. Las diferentes partes se encuentran unidas por cartílagos de extensión variable según la edad.

La aparición del centro de osificación para el cuerpo o basihyal parece también variable. Así, en los animales adultos se ha encontrado un cuerpo mas o menos desarrollado según los casos. En algunos animales menores de un año se observa un cuerpo de tamaño relativamente grande; en otros, tan sólo un esbozo óseo, y en otros es completamente cartilaginoso. Esta variabilidad no parece depender del sexo ni de la edad. El cordero más joven que presenta un núcleo de osificación para el basihyal es un macho de 2 meses.

En un cordero de 3 días se ha observado que las astas tiroideas (thyrohyal) y el cuerpo son todavía cartilaginosos; y las astas medias (ceratohyal) son sólo un núcleo óseo.

Como resumen de los procesos de osificación postnatal que tienen lugar en el cráneo, se ha elaborado la Tabla 1. En ella puede observarse que la mayor parte de osificaciones craneales después del nacimiento tienen lugar en la parte posterior del neurocráneo, es decir, en los elementos óseos que encierran el encéfalo posterior. El hecho de que estas partes (occipital) se osifiquen tardíamente en relación a las demás, tal vez podría estar relacionado con el mayor crecimiento del cerebro o bulbo (en relación a los hemisferios), durante el período postnatal, observado en estos mismos animales (García-González, 1980, p. 292). Aunque también podría deberse simplemente a que los huesos de membrana se forman antes que los de sustitución en los Mamíferos superiores (Grassé, 1967, p. 346).

Esqueleto apendicular

Escápula.— Sisson & Grossman (1959) indican

para el caballo 4 centros de osificación:

- Uno para el cuerpo del hueso.
- Uno para la tuberosidad de la escápula y apófisis coracoides.
- Uno para la parte anterior de la cavidad glenoidea.
- Uno para la tuberosidad de la espina.

El 4.^º se osifica después del nacimiento y se fusiona con la espina al tercer año. El 2.^º se fusiona con el cuerpo hacia el final del primer año. En el buey se fusionan entre el 7.^º y 10.^º mes.

En Curgy (1965) se mencionan para el buey sólo dos centros: el principal y el coracoideo que aparecen en la vida prenatal. Sin embargo, en la soldadura de los puntos de osificación se mencionan para el carnero tres elementos anatómicos:

- Punto coracoideo: 5 meses,
- Punto acromial: 59 meses.
- Borde vertebral: 59 meses.

En los corderos ansotanos la soldadura del cuerpo con la tuberosidad y la apófisis coracoides se produce entre los 3 y 4 meses. No parece haber diferencias sexuales apreciables, aunque en la hembra de 3 meses el proceso de fusión parece más avanzado que en el macho de la misma edad (puede tratarse de diferencias individuales).

No he visto indicios del punto acromial, ni siquiera en adultos. En cuanto al borde vertebral, si Curgy se refiere a la soldadura del cartílago, en los ovinos de que he dispuesto no existe ni siquiera en adultos. (Aunque hay un indicio en una de las hembras viejas.)

Se ha encontrado un caso de un cordero de 2 meses, en el que parece que existen dos centros de osificación para la tuberosidad. **Húmero.**— Los nombres entre comillas corresponden a la nomenclatura de Curgy (1965). Según mis observaciones, hay 6 centros de osificación:

- Uno para el cuerpo (diáfisis).
- Dos para la epífisis proximal (uno para la cabeza y otro para la tuberosidad lateral: «gran tuberosidad»).
- Uno para la epífisis distal (tróclea y cóndilos).
- Uno para el epicóndilo lateral (en la epífisis distal: «epicóndilo»).

— Uno para el epicóndilo medio (en la epífisis distal: «epitróclea»).

Los dos últimos son centros terciarios o complementarios. La «gran tuberosidad» se considera en Curgy (1965) como punto terciario. Las fechas de soldadura que da Curgy (1965) son incompletas y dudosas: epífisis proximal, 3'5-4 años; epitróclea, 12 meses; epífisis distal, 3-4 meses.

Según mis observaciones:

— El epicóndilo lateral se suelda entre el 1.^º y 2.^º mes con la epífisis distal.

— El epicóndilo medio se suelda entre el 2.^º y 3.^{er} mes; si bien en la hembra de 2 meses ya está prácticamente soldado.

— La epífisis distal parece que se suelda antes en las hembras que en los machos. Así, para las hembras sería entre 2-3 meses y para los machos, 3-4 meses aproximadamente.

— La tuberosidad lateral se suelda con la cabeza entre 6-8 meses, y parece que la fusión se hace en dirección postero-anterior, de tal forma que la porción más anterior del surco intertuberal no se soldaría antes del año.

— La fusión de la epífisis proximal es una de las más tardías. Está soldada en la hembra de 3-4 años, aunque la línea de sutura es muy marcada. Probablemente la fusión se realiza entre los 2,5 y 3,5 años.

Radio y cubito.— El radio, al igual que el cíbito, tiene tres centros de osificación: cuerpo, epífisis proximal y epífisis, distal. La epífisis proximal del cubito es el olécranon, y la distal sobresale del radio constituyendo la apófisis estiloides del cubito.

— El cuerpo y epífisis distal del cubito se fusiona con el radio en estado adulto. Existe una fusión parcial en la oveja de 3-4 años; sin embargo, el macho de 4-5 años lo tiene suelto. En los 4 individuos viejos (7-10 años) está totalmente fusionado.

— La epífisis proximal del radio se suelda entre 2-3 meses; sin embargo, se aprecia un cierto adelanto para las hembras. Así, en la hembra de 2 meses está prácticamente soldada. También se observa una cierta precocidad en la hembra de 3 meses respecto al macho del mismo tiempo. Podría concluirse que la sutura se produce en los machos entre 2-3 meses, y en las hembras entre 1,5-2,5 meses.

— La epífasis distal del radio se fusiona después del año. En la hembra de 1-2 años está suelta, y en la hembra de 3-4 años está soldada con línea de sutura débilmente perceptible. La fusión se realiza probablemente entre 15-3 años.

— Las epífisis distal y proximal del cubito se fusionan después del año. Probablemente entre 1,5-3 años. Por los restos de la línea de sutura en la oveja de 3,5 años, parece que lo hace antes la epífisis proximal.

— Tres de los animales viejos (7-10 años) presentan en la parte externa de la epífisis proximal del radio una tuberosidad en forma de gancho (formando un canal), que sirve para la inserción del músculo extensor digital. Esta tuberosidad está ausente en el resto de animales, aunque se aprecia un esbozo en el macho de 4-5 años.

Carpo.— El carpo se compone de 6 huesos situados en dos filas. En la fila proximal de dentro a fuera: carporradial (escafoide), intermedio (semilunar), carpocubital (piramidal) y accesorio (pisiforme). En la fila distal: 2.^º y 3.^{er} carpiano fusionados (trapezoide+ hueso grande) y el 4.^º carpiano (unciforme). Algunos suponen que este último está formado por el 4.^º y 5.^º carpianos fusionados, puesto que aparecen dos centros de osificación.

— Según mis observaciones, el 2.^º y 3.^{er} carpiano se fusionan: del nacimiento a los 10 días en las hembras, y entre los 20-30 días en los machos.

Metacarpo.— Según Sisson & Grossman (1959) y Curgy (1965), las diáfisis de los metacarpianos III y IV se fusionan antes del nacimiento. Mis observaciones coinciden. Sin embargo, las dos hembras abortadas presentan los metacarpianos separados y los metatarsianos soldados. Parece, pues, que durante el período prenatal los metatarsianos se fusionan antes que los metacarpianos. Este hecho es de interés, puesto que, como señala Frechkop (1955, p. 493), en el curso de la evolución de los Ungulados, también los metatarsianos se sueldan antes que los metacarpianos. En este sentido, estas observaciones estarían en concordancia con la Ley biogenética fundamental o Ley de Haeckel.

— La epífisis proximal de los metacarpia-

nos se fusiona muy tempranamente durante la vida fetal.

— La epífisis distal se fusiona justo después del primer año, un poco después de la epífisis distal de la tibia, y un poco antes de la tuberosidad del calcáneo. Aproximadamente, entre 1 y 1.5 años.

Falanges.— La I y II falanges tienen dos centros de osificación cada una: la diáfisis y la epífisis proximal.

En la II falange se sueldan entre el 5.^o y 7.^o mes (el macho de 6 meses las tiene soldadas, pero no la hembra de 6 meses, en donde sólo se ve un principio de unión). En la I falange se sueldan entre el 6.^o y 8.^o mes (en este caso un poco más adelantada la hembra que el macho). La III falange posee un solo centro de osificación.

La fecha de sutura de la II falange coincide con datos de Curgy (1965). Para la I falange dicho autor señala 7-10 meses.

Los centros de osificación de los sesamoideos proximales han aparecido todos al nacimiento; en cambio, los de los sesamoideos distales aparecen entre los 10 y 20 días.

Hueso coxal.— Cada uno de los tres huesos que lo componen (ilion, isquion y pubis) tiene un centro primario de osificación, y varios secundarios para las crestas y tuberosidades. Asimismo, parece que hay un centro complementario para la formación del llamado hueso sinfisiario, que en nuestro caso parece interisquiático, en contra de Wegner (1963), citado en Lessertisseur et Saban (1967, p. 861), que considera esta osificación interpública en los Ungulados.

— Las ramas sinfisiarias del pubis y el isquion se sueldan antes del nacimiento, pero los tres huesos no se fusionan hasta varios meses después. Según mis observaciones, esta unión tiene lugar:

- para las hembras, entre los 4 y 6 meses; así, la hembra de 5 meses los tiene totalmente unidos, pero en las de 6 y 4 meses la soldadura es parcial (en general parece que la hembra de 6 meses va retrasada en la osificación, como se vio en la II falange).
- para los machos, entre los 5 y 6 meses. (Tal vez podrían considerarse ambos sexos en conjunto y concluir en 4-6 meses.)

Curgy (1965) señala la fecha de 5 meses aproximadamente.

— En cuanto a los centros secundarios, Curgy (1965) señala tan sólo la tuberosidad isquiática y la cresta ilíaca para los Ungulados en general y para el buey, carnero y cabra en particular. En nuestro caso parece conveniente subdividir estas porciones anatómicas en función del número de centros que las originarían. Así:

- en el ala del ilion habría que distinguir de dentro a fuera, la tuberosidad sacra, la cresta iliaca y la tuberosidad coxal; cada una con un centro secundario distinto.
- y en el isquion habría que distinguir en la tuberosidad isquiática tres eminencias distintas: la tuberosidad isquiática externa, la tuberosidad isquiática posterior y la tuberosidad isquiática dorsal; cada una de ellas originada por un centro secundario distinto (May, 1974).

Según mis observaciones, el centro de la tuberosidad isquiática externa sería el primero en aparecer, siendo patente en la hembra de 10 meses y en los animales de 12 meses. El macho de 10 meses no presenta ningún centro secundario. La hembra de 12 meses presenta sólo el de la tuberosidad isquiática externa; y el macho de 12 meses presenta, además de ésta, el centro de la tuberosidad isquiática dorsal y el de la cresta ilíaca. La fusión definitiva de las crestas y tuberosidades con el hueso coxal se produciría entre los 4-5 años, coincidiendo con Curgy (1965).

En los animales viejos las tuberosidades y crestas alcanzan un desarrollo considerable (la tuberosidad isquiática posterior, 2 cm. de espesor), y acaban soldándose y uniéndose entre sí todas ellas. Parece que esto no tendría lugar antes de los 5 años de edad.

— En cuanto al hueso sinfisiario, cabe destacar que los dos animales de 12 meses lo presentan ya bastante desarrollado (la presencia de este hueso en todos los adultos es constante). Sin embargo, la fusión con el isquion no se producirá hasta los 3-4 años (antes de la unión de las láminas vertebrales).

En los animales viejos se observa también la calcificación de las sínfisis pública, quedando entonces el hueso coxal sólidamente

unido. Esta calcificación tiene lugar después de la fusión del hueso sinfisario, y probablemente después de la sutura del preesfenoides y el postfenoídes. Es, pues, de las últimas osificaciones, y probablemente se produce entre los 5 y 7 años.

Fémur.— Posee cinco centros de osificación:

- Uno primario para la diáfisis.
- Dos secundarios para la extremidad proximal (uno para la cabeza y otro para el trocánter mayor).
- Uno secundario para la epífisis distal.
- Uno para el trocánter menor.

En los corderos observados todos ellos han aparecido ya antes del nacimiento.

— El trocánter menor aparece soldado en los animales de 12 meses (macho y hembra). En la hembra de 10 meses hay una soldadura parcial. Curgy (1965) señala la edad de 12 meses para esta sutura.

— En la hembra de 12 meses se aprecia fusión parcial entre el trocánter mayor y la cabeza. En la hembra de 1 a 2 años están soldados. La fusión debe producirse muy poco después del año (12-15 meses).

— La extremidad proximal y la epífisis distal se osifican en estado adulto con la diáfisis. Seguramente entre 1,5 y 3 años. Parece que la proximal se fusiona antes que la distal.

Tibia.— Tiene un centro de osificación primario para la diáfisis y tres secundarios: epífisis proximal, tuberosidad anterior y epífisis distal.

— La tuberosidad anterior comienza a fusionarse con la epífisis proximal en los corderos de 12 meses (macho y hembra). Sin embargo, todo el conjunto proximal permanece separado de la diáfisis hasta bastante tarde. Probablemente entre 2 y 3 años.

— También en los corderos de 12 meses se aprecia sutura parcial de la epífisis distal. Al igual que la tuberosidad anterior, esta fusión se produce entre 12 y 15 meses.

Peroné.— Está tan sólo representado por su extremidad distal (maléolo lateral de la tibia o hueso maleolar) que se articula con la extremidad distal de la tibia (presenta una pequeña espina que se adapta al surco de este hueso y la cara distal se apoya en el calcáneo). Se origina a partir de un centro de osificación, presente ya en la vida fetal. En contra de lo supuesto por otros autores, Rajtova

(1971) señala que en su formación participa el hueso fibular original y unas pocas células del radio intermedio, por lo cual el hueso maleolar no puede ser considerado tan sólo como un resto del peroné, sino un hueso con entidad propia.

Tarso.— El tarso se compone de 5 huesos: calcáneo (tarsoperoneo), astrágalo (tarsotibial), hueso central y 4.^º tarsiano fusionados (navicular+cuboide), 1.^{er} tarsiano (entocuneiforme), y 2.^º y 3.^{er} tarsiano fusionados (meso+ectocuneiforme).

Cada hueso tiene un solo punto de osificación¹, excepto el calcáneo, que tiene un centro secundario para la tuberosidad. Esta no aparece soldada en toda la serie de corderos hasta el año, aunque parece que la fusión se realiza poco después de los metapodios, entre 1 y 1,5 años. Curgy (1965) da la fecha de alrededor de 3 años, aunque Tood & Tood (1938) dicen que la fusión es al año.

En los corderos estudiados, el hueso central y 4.^º tarsiano se fusionan entre los 10 y 20 días. El segundo y tercer tarsiano aparecen fusionados ya al nacimiento.

Metatarso.— El III y IV metatarsianos se fusionan antes del nacimiento. Como ya se apuntó, esta fusión parece más temprana que en los metacarpianos. Las epífisis distales se sueldan entre 1 y 1,5 años. Parece que un poco antes que la tuberosidad del calcáneo.

Falanges.— La unión de la epífisis y la aparición de los sesamoideos sigue el mismo proceso que en las manos.

En la Tabla 2 se ha confeccionado un cuadro resumen con las edades de osificación más importantes observadas en el esqueleto apendicular. En el mismo cuadro se comparan con datos de otros autores para la misma especie (*Ovis aries*).

Esqueleto axial

Vértebras.— Básicamente las vértebras se desarrollan a partir de tres centros de osificación primarios: uno para el cuerpo y uno para cada lado del arco; y dos secundarios: las del-

¹ Rajtova (1971) parece indicar un origen doble para alguno de los huesos tarsianos (navicular).

Tabla 2.- Edades de sutura y aparición de nuevos centros de osificación en las extremidades de ovinos aragoneses; comparación con datos de otros autores.

Miembro	anterior	Ovinos aragoneses	CURGY (1965)	TOOD & TOOD (1938)
<u>Escápula</u>				
tuberosidad y apóf.coracoide		3-4m	5m	6-8m
<u>Húmero</u>				
epicóndilo lat.-epif. distal		1-2m		
epicóndilo medial-epif. distal		2-3m		
epífisis distal	[♀ ♂]	2-3m 3-4m	3-4m	4-6m
tuber. lat. -cabeza (epif. próx.)		6-8m		
epífisis proximal		2'5-3'5 a	3'5-4 a	2'5-4 a
<u>Radio</u>				
epífisis proximal	[♀ ♂]	1'5-2'5 m 2-3m	3-4m	4-6m
epífisis distal		1'5-3 a	2'5-4 a	2'5-4 a
<u>Cúbito (Ulna)</u>				
epífisis proximal		1'5-2'5 a	2'5-3'5 a	2'5 a
epífisis distal		1'5-3 a	2'5-4 a	2'5-4 a
<u>Carpo</u>				
2º carpiano + 3º carpiano	[♀ ♂]	0-10 d 20-30d		
<u>Metacarpo</u>				
epífisis distal		1-1'5 a	1-2 a	11-12m
<u>Falange I</u>				
epífisis proximal		6-8m	7-10m	10-11m
<u>Falange II</u>				
epífisis proximal		5-7m	5-7m	9-10m
Sesamoideos distales (+)		10-20d		

+ aparición de un nuevo centro de osificación
» igual o más de
d=días; m=meses; a=años

gadas láminas epifisarias del cuerpo. Además, aparecen más tarde centros complementarios para la punta de las apófisis espinosas (excepto en la región cervical), y para las extremidades de las apófisis transversas.

Vértebras cervicales

Atlas.— El atlas se osifica por cuatro centros,

dos del arco ventral, que se sueldan antes del nacimiento, y uno en ambos lados de cada masa lateral (ala y mitad del arco dorsal). Al nacer, el hueso consta de tres piezas, el arco ventral y dos partes laterales, que están separadas con una capa de cartílago en la línea media dorsal.

Tabla 2.- (Continuación)

Miembro posterior	Ovinos aragoneses	CURGY (1965)	TOOD & TOOD (1938)
<u>Hueso coxal</u>			
ilion + isquion + pubis	4-6 m	5m	
cresta iliaca (+)	> 12 m		
tuberrosidad isquiática dorsal(+)	> 2m		
" " exter. (+)	10-12m		
fusión crestas y tuberosidades	4-5 a	4'5-5 a	
hueso sinfisario (+)	10-12m		
" " (fusión)	3-4 a		
sínfisis pública	5-7 a		
<u>Fémur</u>			
trocanter menor	10-12m	12 m	11-12m
trocanter mayor-cabeza	12-15m	2'5-4 a	30-48m
extr. proximal	1'5-3 a	2'5-4 a	30-48m
epífisis distal	2-3 a	2'5-4 a	30-48m
<u>Tibia</u>			
epífisis proximal	2-3 a	3'5-4 a	30-48m
epífisis distal	12-15m	1-1'5 a	11-12m
tuberos.ant.-epif. proximal	12-15m		
<u>Tarso</u>			
tuberrosidad calcánea	1-1'5 a	3a	11-12m
hueso central + 4º tarsiano	10-20 d		
<u>Metatarso</u>			
epífisis distal	1-115 a	12-24m	11-12m
<u>Falange I</u>			
epífisis proximal	6-8m	7-10m	10-11 m
<u>Falange II</u>			
epífisis proximal	5-7m	5-7m	9-10m
sesamoideos distales (+)	10-20 d		

— En los corderos estudiados lo primero en osificarse es el arco ventral con las dos partes laterales. Esta unión se hace en las hembras entre 2 y 3 meses (la hembra de 2 meses presenta una sutura parcial), y en los machos entre 3 y 4 meses.

— La sutura por la línea media dorsal tiene lugar entre los 6 y 8 meses (aunque en el macho de 8 meses la sutura no es todavía total).

— Por otra parte, parece que la tuberosidad ventral se osifica a partir de un centro complementario, que en los corderos estudiados aparecerá a los 3 meses en las hembras y a los 5 meses en los machos. La osificación total entre la tuberosidad ventral y el arco ventral se realiza entre los 12 y 15 meses.

Axis.— En el momento del nacimiento el axis de los corderos observados está dividido en 5 partes:

- El cuerpo.
- El arco.
- La epífisis posterior del cuerpo.
- La apófisis odontoides (que es considerada como el cuerpo desplazado del atlas).
- Un núcleo situado entre la apófisis odontoides y el cuerpo (que es considerado como la cabeza o epífisis anterior del cuerpo del axis). En varios corderos estudiados se observan a ambos lados de este núcleo otros dos más pequeños.

— La unión de las dos porciones del arco se realiza, al parecer, poco antes del nacimiento, ya que las dos hembras abortadas, de 1 y 2 kg. de peso, respectivamente, todavía no presentan la sutura dorsal completa.

— La unión del cuerpo con el arco tiene lugar entre el 1.^º y 2.^º mes en las hembras, y entre el 3.^º y 4.^º mes en los machos (el macho de 3 meses presenta ya una sutura parcial).

— La fusión de la apófisis odontoides con el cuerpo y la parte anterior de los arcos se realiza entre 2-3 meses en las hembras y entre 4-5 meses en los machos.

— El núcleo situado entre la apófisis odontoides y el cuerpo (cabeza del axis) no es absorbido por el resto del axis hasta después del año. En los animales de 12 meses se observa tan sólo un pequeño orificio como rastro de su presencia, aunque en el macho de 10 meses se ha cerrado completamente, sin que se observen restos de sutura. En la hembra de 1-2 años todavía se observa este rastro, pero no en la hembra de 3-4 años. El cierre definitivo parece un poco variable. Posiblemente se produce entre 10 y 24 meses.

— La epífisis posterior se osifica con el cuerpo después del año. En la hembra de 3-4 años se observa un principio de osificación.

— En varios de los corderos comprendidos entre 8 y 12 meses se observa la aparición de un núcleo de osificación alargado en la apófisis espinosa. La fusión de este centro apofisario se produce entre 33-43 años.

Cervicales 3.^a a 7.^a—Las vértebras cervicales siguen el modelo general en cuanto a centros de osificación se refiere; es decir: uno para el cuerpo, dos para el arco (fusionados al nacimiento) y dos secundarios para las epífisis del cuerpo. Más tarde aparecen otros com-

plementarios para las apófisis transversas, sobre todo en la 6.^a. Dentro de cada vértebra la osificación del cuerpo con el arco parece que se realiza de adelante-atrás y de abajo-arriba, mientras que en el axis da la impresión de que es justo al revés para ambas direcciones.

— Dentro del conjunto de todas las vértebras cervicales (3.^a a 7.^a), la osificación del cuerpo y el arco se realiza según una dirección antero-posterior, fusionándose primero el de la 3.^a vértebra y por último el de la 7.^a. Así, a los 10 días la 3.^a, 4.^a y 5.^a se encuentran ya osificadas total o parcialmente. A los 20 días se osifica la 6.^a vértebra; y la 7.^a no lo hace hasta los 2-3 meses.

— El agujero transversal (*foramen transversarium*) se cierra por debajo a partir de la fusión de las ramas ventrales de la apófisis. En la 6.^a vértebra cervical esta fusión no se ha realizado al nacimiento. En el resto (3.^a, 4.^a y 5.^a; en la 7.^a no hay agujero transversal) la fusión tampoco es completa al nacer, faltando la porción posterior. La sutura definitiva se realiza dentro de los 10 primeros días de vida.

— En la 6.^a vértebra cervical las ramas ventrales de las apófisis transversales forman una lámina gruesa, casi sagital, que con el cuerpo constituyen un Cincho surco central. Dichas láminas o alas existen en forma cartilaginosa desde el nacimiento. La parte central de las láminas se osifica a partir del arco, entre los 2-3 meses en ambos sexos. Hacia el 8.^º mes (en las hembras) aparecen núcleos complementarios para los ángulos posteriores y anteriores de dichas alas. La fusión definitiva de los ángulos con el resto de la apófisis se realiza entre los 3-4 años.

— Las epífisis de los cuerpos de las vértebras cervicales se osifican tardíamente; entre los 3,5 y 4,5 años.

Vertebrales torácicas: Las 13 vértebras torácicas también siguen el modelo de osificación general, es decir, existe un centro para el cuerpo, dos para el arco, dos centros secundarios para las epífisis y otros complementarios para las apófisis espinosas y transversas.

— Las dos partes del arco se fusionan antes del nacimiento, siendo las de las últimas vértebras las de sutura más tardía. Así, en las

dos hembras abortadas el arco de la 11.^a, 12.^a y 13.^a vértebra no se ha cerrado todavía.

— El cuerpo se osifica con el arco hacia los 3 meses en los machos y hembras, y parece existir un cierto gradiente para toda la serie que iría de las vértebras de los extremos hacia el centro (situado en la 3.^a o 4.^a vértebra). Así, en los dos corderos de 3 meses se observa una osificación total en la 1.^a, 2.^a y 13.^a, 12.^a y 11.^a, y en el resto osificación parcial en mayor o menor grado.

— Al igual que las cervicales, las láminas epifisarias son de osificación tardía: entre los 3,5 y 4,5 años.

— A partir de los 4 meses se hacen aparentes los núcleos de osificación en las apófisis transversas en las primeras vértebras (2.^a-6.^a). Estos núcleos parecen totalmente soldados a los 12 meses.

— También al año se manifiestan algunos núcleos de osificación en las apófisis espinosas de las primeras vértebras. La osificación completa no se lleva a cabo ni siquiera en los animales viejos (9 años).

Vértebras lumbares: Las dos partes del arco vertebral tardan en soldarse un poco más que en el resto de las vértebras, ya que no se fusionan completamente hasta los 10 días, excepto la última vértebra, que lo hace entre los 10 y 20 días.

— La osificación del cuerpo y el arco tiene lugar entre los 2 y 3 meses (a los 2 meses parece que hay una osificación parcial).

— Las epífisis de los cuerpos vertebrales se sueldan entre los 3,5 y 4,5 años, como en el resto de las vértebras. La última lumbar parece ser la primera en hacerlo, puesto que sus láminas epifisarias aparecen soldadas en la hembra de 3,5 años.

Sacro.— Normalmente se compone de 4 vértebras que se sueldan entre ellas después del primer año, pero individualmente la osificación sigue el modelo general (arcos, cuerpo, epífisis).

— Las porciones laterales del arco no se sueldan dorsalmente hasta los 20 días (entre 10-20 días) en las 4 vértebras.

— El cuerpo de la 4.^a vértebra (probablemente más ligada a las coccígeas que a las sacras) está soldado con el arco antes del nacimiento.

— La osificación del cuerpo y el arco de la 3.^a vértebra se manifiesta parcialmente a partir de los 20 días (aunque algunos corderos más jóvenes presentan una osificación total: hembra abortada de 1 kg., macho de 3 días, hembra de 10 días y cordero de 0-5 días; 4 sobre 10). De todas formas, en los demás corderos la osificación total tiene lugar entre los 2 y 3 meses, igual que para la 1.^a y 2.^a vértebra sacra.

— La fusión de las vértebras sacras empieza siendo una fusión entre las epífisis de los cuerpos vertebrales. Así, en determinados estadios del desarrollo, mientras las epífisis no se han soldado todavía con sus cuerpos, éstas ya se han fundido completamente entre sí. Lo mismo se ha observado en el caballo (Sisson y Grossman, 1959). En los corderos estudiados hay una fusión casi completa entre las epífisis situadas entre las 2.^a-3.^a y 3.^a-4.^a vértebras, antes de los 10 días. A los 2 meses dicha unión es total. La fusión entre las epífisis de la 1.^a y 2.^a tiene lugar a los 4 meses en las hembras y a los 5 meses en los machos.

— La unión de las vértebras sacras se produce antes en las porciones laterales que en los cuerpos (igual que en el caballo). Esta fusión se inicia en los animales de 12 meses y probablemente se prolonga hasta los 3 años. En la hembra de 3,5 años no se observan rastros de sutura en las porciones laterales, pero sí entre las epífisis y los cuerpos. En los dos machos adultos se observan restos de sutura entre los cuerpos de la 1.^a y 2.^a.

— A partir de los 8 meses se ponen de manifiesto núcleos de osificación complementarios, sobre las apófisis espinosas (que más tarde formarán la línea media), sobre las apófisis articulares (que formarán las líneas laterales) y sobre la superficie de las alas; las alas no se sueldan nunca con el hueso coxal, ni en estado adulto.

Vértebras coccígeas.— Su número en los corderos estudiados varía entre 19 y 24, con una media de 21,8 (n=23). Casi todas ellas están compuestas sólo por un cuerpo con dos epífisis, a excepción de las primeras que poseen un pequeño arco.

— Parece que los cuerpos de las vértebras están todos presentes al nacimiento (un cor-

Tabla 3.- Edades de sutura y aparición (+) de puntos de osificación en el tronco. Los datos de la derecha corresponden a TOOD & TOOD (1938).

V. Cervicales

Atlas

		hembras	2-3 meses	
arco	ventral-alas	machos	3-4 "	6-8 meses
linea media dorsal			6-8 "	11-12 "
tuberrosidad ventral (+)		hembras	3 "	
"	"	machos	5 "	
Axis			12-15 "	
cuerpo-arco		hembras	1-2 "	
		machos	4-5 "	6-8 "
apóf. odontoides-cuello		hembras	2-3 "	
		machos	4-5 "	6-8 "
epífisis posterior			3'5-4'5 años	
apófisis espinosa (+)			8-12 meses	
apófisis espinosa (sutura)			3'5-4'5 años	
<u>3^a-7^a vértebras</u>				
cuerpo-arco (3 ^a , 4 ^a y 5 ^a)			10 días	
II " (6 ^a)			10-20 "	
II " (7 ^a)			2-3 meses	
epífisis-cuello			3'5-4'5 años	
parte central apóf. transv. 6 ^a vert.			2-3 meses	
partes distales "(+)" II		II	8 "	
" II "		" "	(sutura) 3-4 años	

dero de 4 días tiene la serie completa); en contraposición con lo que sucede en algunos carnívoros (Balcells, 1956) de tendencia más nidícola.

— Algunos de los núcleos de osificación de las epífisis no han aparecido todavía al nacimiento, pero lo van haciendo durante los días siguientes, siguiendo una dirección antero-posterior. A continuación se dan las fechas de aparición de dichos núcleos en los anima-

les que ha sido posible observarlo. Faltan los núcleos de las epífisis a partir de:

- hembra abortada de 1 kg.: la 4.^a vértebra coccígea.
- macho de 4 días: la 8.^a vértebra coccígea.
- macho de 10 días: la 10.^a vértebra coccígea.
- corderos de 20 días: entre la última y penúltima vértebra.

Tabla 3.- (Continuación)

V. Torácicas

cuerpo - arco		2-3 meses
epífisis - cuerpo		3'5-4'5 años
apófisis transversas (+)	28-68 vérts.	4 meses
"	(sutura) 2 ^a -6 ^a vert.	12 "
"	espinosas (primeras vér.) (+)	12 "

V. Lumbares

porciones laterales del arco	0-10 días
" " " "	(última vér.) 10-20 "
cuerpo-arco	2-3 meses
epífisis-cuerpo	3'5-4'5 años

Sacro

porciones laterales del arco	10-20 días
sutura parcial	20 "
cuerpo-arco sutura total	2-3meses
sutura entre epífisis (2 ^a -3 ^a ; 3 ^a -4 ^a)	0-10 días
" "	4 meses
"	5 "
hembras	
machos	
epífisis-cuerpo	1-3 años
apóf. espinosa y articulares, alas (+)	8 meses

V. Coccígeas

aparición núcleos epifisarios (+) 0-20 días
epífisis-cuerpo 8-36 meses

Costillas

cabeza-cuerpo 1'5-3 años
tubérculo, cara externa 1^a costilla (+) 4 meses

Esternón

fragmentos penúltima esternebra	1 – 3 años
última – penúltima esternebra	8 – 10 "

- a partir del mes se encuentran todos los núcleos presentes.

— Sin embargo, la osificación de las epífisis con el cuerpo sigue una dirección inversa, es decir, postero-anterior. Esta tiene lugar a partir de los 8 meses fusionándose primero las últimas y por último las primeras de la serie, que todavía no lo han hecho a los 12 meses. La fusión total de las epífisis de las primeras coccígeas se produce entre el 1.^{er} y 3.^{er} año.

— Es frecuente encontrar osificaciones atípicas entre varias vértebras coccígeas, sobre todo las terminales.

Costillas.— En número de 13 pares, a los pocos días de nacer se distinguen dos partes separadas: el cuerpo (diáfisis) y la cabeza (epífisis).

— Los centros epifisarios de las cabezas todavía no han aparecido en las dos hembras abortadas, pero sí en el macho de 4 días. Es decir, que se forman al nacimiento o muy poco después.

— La fusión de la cabeza con el cuerpo tiene lugar después del año. Probablemente entre 1,5 y 3 años.

— Alrededor de los 4 meses aparecen unos centros de osificación en la cara externa del tubérculo de la 1.^a costilla que están presentes todavía en el macho de un año; sin embargo, en las hembras de 10 y 12 meses aparecen completamente osificados con el tubérculo.

— Los cartílagos costales sufren un proceso de calcificación creciente que al año es casi total.

Esternón.— Compuesto por 6 ó 7 esternebras, que al parecer se desarrollan a partir de dos núcleos cada una, a excepción de la primera o manubrio. El esternón nunca aparece completamente osificado, ni siquiera en estado adulto.

— El 75 % de los corderos menores de un año presentan la penúltima esternebra dividida en uno o más trozos. Esta división es aún manifiesta en los corderos de 12 meses. Sin embargo, ninguno de los 6 adultos la presenta. Por tanto, es probable que haya una fusión de los fragmentos de la penúltima esternebra entre 1 y 3 años.

— Los individuos más viejos (8-10 años) muestran una osificación parcial entre la última y penúltima esternebra.

Para finalizar el apartado correspondiente al esqueleto axial, se expresan en la Tabla 3 las edades en las cuales se producen las osificaciones postnatales del tronco. Se añaden algunos datos, escasos, de la bibliografía a efectos comparativos. Como se dijo antes, observando la osificación conjunta de la columna, es interesante destacar que en las secuencias de unión de los cuerpos y arcos vertebrales, parece apreciarse un gradiente de fusión que iría de los extremos (axis y sacro) hacia un centro situado en la 3.^a y 4.^a vértebra torácica. Téngase en cuenta que, por lo que se refiere a la aparición (prenatal) de los puntos de osificación, parece que este gradiente sería inverso, o sea, del centro a los extremos (Lessertisseur et Saban, 1967, p. 350).

A continuación, los resultados obtenidos se discutirán en relación con los principios generales sobre la osificación ya conocidos, así como con los resultados de otros trabajos en los que se estudia el género *Ovis* en particular, y otros grupos de mamíferos en general.

DISCUSION

En primer lugar, hay que recordar que de la serie de animales estudiados, los mejor representados en cuanto a número y conocimiento de la edad son los menores de un año. En este sentido, los datos de las fusiones que se producen después del año son imprecisos. Sin embargo, durante el primer año de vida tiene lugar la mayor parte de las osificaciones postnatales, como puede observarse en la fig. 2, lo que permite extraer algunas conclusiones generales.

Orden de fusión.— En un extenso trabajo, Tood & Tood (1938) establecen la hipótesis de que los patrones de la secuencia de osificación (no el tiempo) son los mismos para todos los Ungulados; aunque en el mismo trabajo observan ya algunas diferencias para rinocerontes y elefantes.

En la Tabla 4 se indican las secuencias de las osificaciones postnatales más notorias observadas en el ovino aragonés, y en la fig. 1 se representan estos datos en forma similar a la expuesta por Tood & Tood (1938) para ovinos Rambouillet x Shropshire, a fin de comparar los patrones de osificación. Puede

Tabla 4.- Orden de las fusiones óseas más aparentes en ovinos aragoneses después del nacimiento.

	<u>Edad de fusión</u>
Sacro: sutura media arcos vértebrales	10-20 días
Tarso: Central-4º	10-20 "
Carpo: 2º- 3º	0-30 "
Húmero: epicóndilo lat.-epif. distal	1-2 meses
Vértebra torácica, lumb. y sacro: arco-cuerpo	2-3
Exoccipital-basioccipital	2-3 "
Codo	
Radio epífisis proximal	1'5-3 "
Húmero: epífisis distal	2-4 "
Atlas: arco ventral-alas	2-4 "
Escápula: tuberosidad	3-4 "
Costilla I: tubérculo (aparición)	4 "
Vértebra torácica: apóf. transv. (aparición)	4 "
Coxal: huesos principales	4-6 "
Falange II: epífisis distal	5-7 "
Falange I:	6-8 "
Atlas: línea media dorsal	6-8 "
Exoccipital-supraoccipital	6-8
Húmero: tub. lat.-cabeza (proximal)	6-8 "
Basioccipital-postesfenoides	6-10 "
Rodilla	
Fémur: trocanter menor	10-12 "
Coxal: hueso sinfisario (aparición)	10-12 "
Tibia: epífisis distal	12-15 "
Metapodios: epífisis distal	1-1'5 años "
Calcáneo: tuberosidad	1-1'5"
Ulna: epífisis proximal	1'5-2'5 "
Costillas: cabeza	1'5-3 "
Fémur: epífisis proximal	1'5-3 "
Radio distal, Ulna distal	1'5-3 "
Fémur: epífisis distal	2-3 "
Tibia: epífisis proximal	2-3 "
Húmero: epífisis proximal	2'5-3'5 "
Coxal: hueso sinfisario (sutura)	3-4 "
Vértebras: láminas epifisiarias	3'5-4'5 "
Preesfenoides-postesfenoides	4-6 "
Coxal: síntesis pública (calcificación)	5-7 "
Esterón: última-penúltima esternbra	8-10 "

decirse que, si bien la coincidencia es bastante buena en términos generales, se observan también diferencias de detalle, a veces bastante notorias. Por ejemplo, la fusión de los elementos relativos al codo, es en los corderos aragoneses más temprana que la propuesta por Tood & Tood (1938). Al contrario, la fusión de la línea dorsal del atlas es bastante más tardía en mi caso. Los autores mencionan también una fusión temprana de la escotadura de la apófisis odontoides del axis; sin embargo, en los ovinos aragoneses su presencia es muy irregular a todas las edades.

Los mismos autores, a raíz de los trabajos de Stevenson en 1924 en el hombre, pretenden ampliar estas secuencias generales a todos los Mamíferos. Trabajos posteriores han

desmentido tal proceder ampliamente, como pone de manifiesto Curgy (1965, p. 224) al demostrar que en las extremidades las secuencias cambian según los Ordenes,² excepción hecha para el codo, que muestra siempre una osificación temprana, coincidiendo también con mis observaciones. De tal forma que, según palabras de Washburn (citado por Curgy, 1965), «en las secuencias de osificación no parece que haya una dirección evolutiva general, ni siquiera claramente funcional».

Sin embargo, sin llegar al nivel de generalización que establecen Tood & Tood (1938)

² E incluso dentro del mismo Orden (por ej., gorila y hombre).

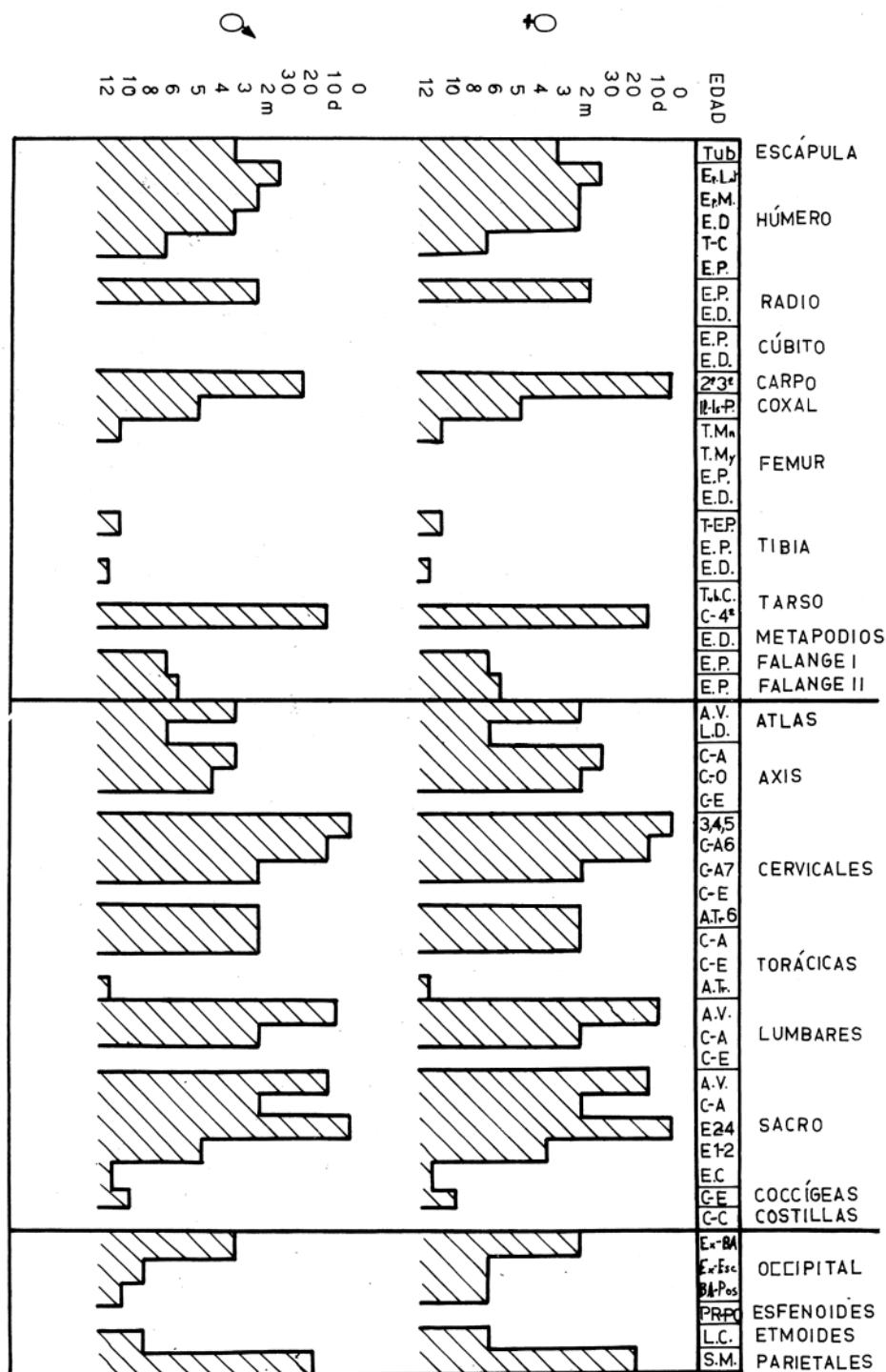


Fig.1.-Edad a la que se fusionan los distintos elementos óseos
durante el primer año de vida.

para todos los Mamíferos, puede decirse que sí parecen existir ciertas tendencias (evolutivas y funcionales) cuando consideramos categorías taxonómicas más pequeñas. Así, la secuencia (no las edades) propuesta en la tabla 4 podría ser bastante general dentro de los Artiodáctilos, o al menos al nivel de los Bóvidos. De hecho, esta secuencia coincide esencialmente cuando se compara con las ordenaciones propuestas por otros autores para diversos Bóvidos: Kronacher y colaboradores para cabra y Von Tschirwinsky para oveja (ambos citados por Hammond, 1932, pp. 155 y 232, respectivamente); Koch (1934) para el bisonte; Tood & Tood (1938) para Artiodáctilos en general; Curgy (1965) para oveja y cabra, y Davis (1980) para Gazella.

El interés de que estas secuencias sean relativamente fijas reside precisamente en su utilidad para la determinación de la edad a partir del esqueleto, como se dijo en la introducción. Si el orden de fusión es el correcto, basta con establecer las edades a partir de animales de edad conocida. En principio parece que la edad de fusión se adelantaría en las especies domésticas debido a su mayor precocidad. Sin embargo, este extremo debe ser comprobado, ya que en las gacelas israelitas (Davis, 1980) las edades de fusión se adelantan respecto a los ovinos domésticos. Posiblemente guarde mayor relación con el período de vida media de la especie.

Tendencias funcionales.—Se ha sugerido que, de una manera general, el miembro anterior es más precoz en la osificación que el posterior (Krueger, 1958, citado por Curgy, 1965). Mis observaciones parecen coincidir con esta idea (Tabla 4, fig. 1), lo cual nos lleva a considerar ciertas relaciones entre osificación y crecimiento mencionadas en un trabajo anterior (García-González, 1981). Es un hecho que los huesos de los miembros anteriores tienen un ritmo de crecimiento menor en longitud y mayor en anchura, y además se osifican antes que los miembros posteriores (excepto los metapodios). Obsérvese, por ejemplo (Tabla 4) la osificación temprana de la región del codo, y la tardía de la rodilla. Como posible explicación cabe recordar la observación de Frechkop (1955, p. 489), quien dice que, «en los Ungulados, el centro de

gravedad del cuerpo generalmente se desplaza hacia adelante, de tal forma que los miembros anteriores realizan una función de pilares o soportes». Por esta razón normalmente las manos son más anchas que los pies, y tal vez por esto la osificación deba realizarse antes en las extremidades delanteras (necesidad de mayor solidez). Al contrario, los miembros posteriores cumplen una función más bien propulsora, lo que implicaría mayor y más prolongado desarrollo de las masas musculares y por tanto de sus inserciones óseas.

En la figura 1 se observa también que en general los elementos del tronco parecen osificarse antes que los de las extremidades, excepto la unión de las epífisis con los cuerpos vertebrales, que es una de las más tardías (Tabla 4), permitiendo así la posibilidad de crecimiento en longitud de la columna durante un prolongado período (hasta los 4 años, cuando los ovinos alcanzan el desarrollo definitivo). Recuérdese que el crecimiento en longitud del tronco es uno de los más intensos entre las magnitudes corporales externas, siendo isométrico con el peso vivo (raíz cúbica) (García-González, 1980, p. 98).

Otra de las ideas generales (Curgy, 1965) es la de que parece existir un gradiente de osificación centrífugo de los miembros en conjunto. Con los resultados obtenidos es difícil pronunciarse afirmativamente sobre esta tendencia, ya que existen excepciones importantes que deberían considerarse. Por ejemplo, a pesar de que las regiones de la escápula, codo y huesos coxales son de osificación temprana, también lo son metapodios y falanges, dando la impresión de que existiría una laguna de osificación tardía, más bien en la parte media de las extremidades.

Factores que influyen en la osificación.—Varios de los autores que han tratado el estudio de la osificación en profundidad sugieren la influencia de varios factores sobre el ritmo y duración de la misma:

— *Nutrición:* Se conoce desde hace tiempo la influencia de la nutrición sobre los procesos de osificación. En el caso de los corderos estudiados, este factor procuró eliminarse, pues todos los corderos se criaron bajo

el mismo régimen. Aun así, no podría descartarse su participación, aunque pequeña, en algunas de las diferencias individuales detectadas.

— *Razas:* Habría también una intervención del tiempo como tal (duración del crecimiento pre y postnatal y sus estadios), aunque Tood & Tood (1938) sugieren mas bien la influencia de la tasa de crecimiento y de ahí las diferencias que puede haber entre razas. A este respecto, comparando mis resultados con los de Curgy (1965) se observa una coincidencia bastante grande, aunque no especifica la raza estudiada. Respecto al estudio de Tood & Tood (1938), que trabaja con un cruce de Rambouillet, x Shropshire, se observa un retraso general para este último, en las fechas en que se produce la fusión.

— *Hábitos reproductivos:* Se ha encontrado también una relación entre el estado de osificación y el comportamiento del recién nacido. Así, en los Ungulados, de comportamiento nidífugo, la mayor parte de los centros de osificación han aparecido ya al nacimiento, mientras que en los nidícolas (Carnívoros, Primates superiores, etc.) apenas han aparecido los puntos principales. A este respecto, revisando los datos de Balcells (1956), para *Geneta*, se pone también de manifiesto un retraso considerable en la osificación para un joven de 7 meses, en relación con los corderos estudiados. Sin embargo, estas generalizaciones deben tomarse siempre con cautela, ya que están sujetas a excepciones. Así, aun dentro de la misma familia, dos especies próximas pueden diferir mucho en cuanto al estado de osificación de sus recién nacidos (por ejemplo, el conejo y la liebre).

— *Sexo:* Respecto a la influencia del sexo sobre el tiempo de la osificación, Tood & Tood (1938) concluyen que las diferencias sexuales se muestran tan equívocas y localizadas que no tienen significado real. Smith (1956), citado por Curgy (1965), ha encontrado un avance de las hembras, estudiando fetos de corderos, aunque tal resultado es discutido por el mismo Curgy.

En contradicción con estos autores, los datos suministrados por los corderos Rasos parecen mostrar una diferencia clara, entre

machos y hembras, para bastantes de las fusiones que se estudian, siendo en todos los casos más precoz las últimas (fig. 1).

La causa de este adelanto en las hembras debe buscarse muy probablemente en un factor hormonal. Se conoce, al menos para el hombre, la influencia de la progesterona en la fusión de las epífisis (Guyton, 1971, p. 1017). Este efecto es mucho más intenso en la mujer que el de la testosterona en el varón. Algo parecido podría suceder en la oveja, en donde la influencia hormonal repercute al mismo tiempo en el menor crecimiento del tejido óseo y el descenso general del metabolismo en las hembras (García-González, 1980, p. 280).

Uno de los elementos óseos donde esta diferencia sexual es más acusada es precisamente en las dos primeras vértebras cervicales, atlas y axis. Sería deseable comprobar si esta diferencia sexual es generalizable a otros Bóvidos.

Relaciones osificación-dentición.—Durante algún tiempo se pensó que determinadas fusiones óseas podrían coincidir con determinadas erupciones dentales y que estas pautas podrían ser más o menos generales independientemente de la edad en que se realizaran. Tood & Tood (1938) demostraron que al menos para los Artiodáctilos no existe una relación constante, y tampoco parece que la haya al nivel taxonómico de especie, a pesar de la afirmación de Sanson (Hammond, 1932, p. 240), de que el período de osificación corresponde con el principio y final de la caída de los dientes de leche. Para la oveja doméstica y con los datos obtenidos este tipo de relaciones se muestran muy confusas, observándose también discrepancias con los resultados de Tood & Tood (1938) para esta especie.

En cuanto al conjunto de leyes o principios generales sobre la osificación que se consideran clásicos, como las leyes de Serres, ley de Berard, etc., no se han encontrado discrepancias con los resultados obtenidos.

Intensidad de la osificación.—Como otro aspecto de las observaciones, he creído interesante comprobar si la intensidad de la osificación se reparte de una manera uniforme a lo largo del período mejor conocido, es decir, el primer año. A este fin se ha confeccionado el histograma que muestra la figura 2,

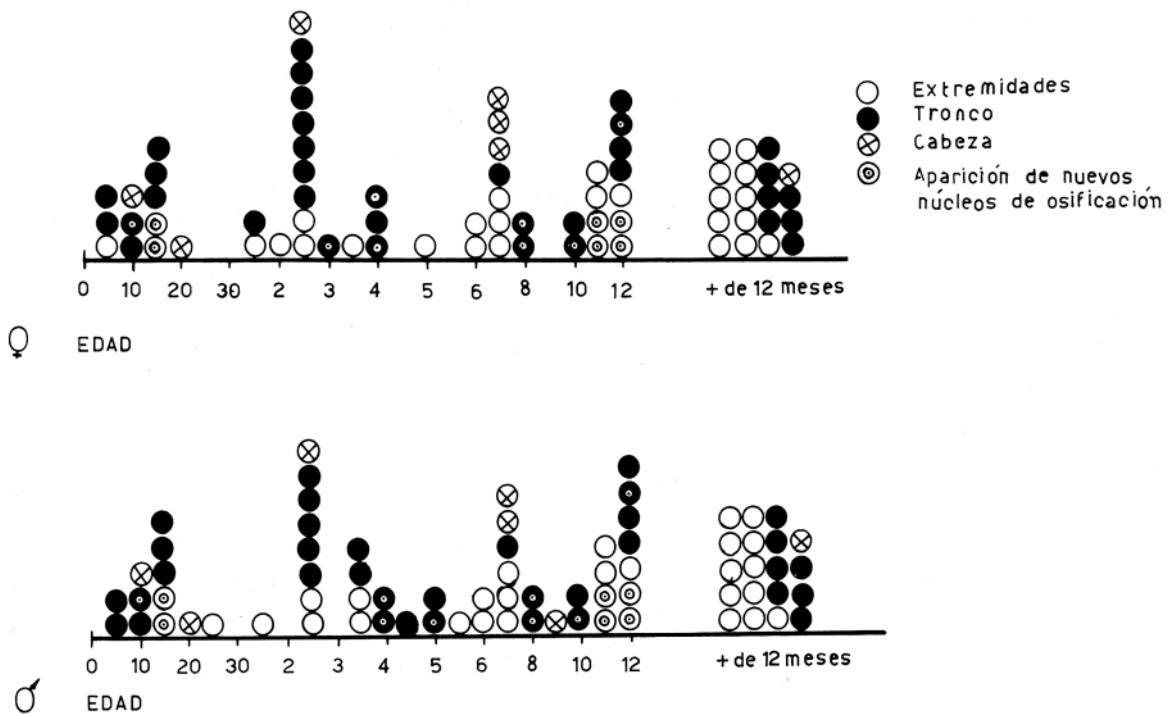


Fig.2.- Diferencias en la intensidad de la osificación durante el primer año de vida en ovinos aragoneses.

en donde cada circulo representa la fusión entre dos elementos óseos o bien el de la aparición de nuevos núcleos de osificación (círculo con un punto). Hay que tener en cuenta que se trata de datos puramente cualitativos y no cuantitativos (ya que para ello habría que considerar las superficies de unión epifisaria y apofisarias), pero que pueden proporcionar una visión aproximada de los períodos de mayor síntesis ósea.

En la figura 2 se advierte claramente la existencia de unos meses en los cuales parece que la intensidad en la osificación es más grande, con períodos de reposo entre medio. Estos períodos más intensos serían entre el nacimiento y los 20 días, entre 2 y 3 meses, entre 6 y 8 meses (¿tal vez coincidiendo con la pubertad?) y entre los 10-12 meses. Las osificaciones que se producen después

del año se han agrupado todas juntas y, como puede verse, no son demasiado numerosas en relación con las que se producen antes del año.

El grupo de osificaciones que se producen entre los 0-20 días parece que corresponde más bien a fusiones propias de la vida fetal que pueden aparecer con un cierto retraso (ejemplo: fusiones de carpianos y tarsianos, suturas de arcos ventrales, etc.). Recuérdese que Everitt (1968, p. 151) indica que la osificación del esqueleto fetal está más ligada al peso que a la edad. Sería excepción a dicho grupo la fusión de cuerpo y arcos de las vértebras cervicales 3.^a-6.^a.

El grupo con máximo en los 2-3 meses (con ligera prolongación hasta los 5 meses por parte de los machos) corresponde principalmente a las osificaciones de la columna vertebral,

cuerpos y arcos, y a las porciones relacionadas con el codo. Excepción hecha de la aparición de algunos núcleos terciarios nuevos en el tronco vertebral.

Entre los 6-8 meses, la mayor parte de osificaciones corresponden a suturas de la cabeza y a fusiones en las falanges.

Entre los 10-12 meses, básicamente el esfuerzo osificador se concentra en la aparición de nuevos centros complementarios o terciarios, para las apófisis, inserciones musculares, etc., y además comienzan a fusionarse algunas epífisis de los huesos largos (tibia, etcétera).

En la figura 2 se aprecia también la diferencia sexual anotada más arriba. En efecto, se observa como un desplazamiento de los machos, en el sentido de retraso general en la osificación, aunque los períodos de mayor intensidad osificadora se conservan para ambos sexos.

Por último, cabría decir también que la evidencia de que existen ciertos períodos, durante el crecimiento de los corderos, de una mayor intensidad en la osificación, puede tener interés a la hora de valorar las exigencias alimentarias durante su crecimiento, en cuanto a la demanda de minerales (Ca y P principalmente). Así, según las normas del Agricultural Research Council (1968), las necesidades minerales en Ca, por ejemplo, durante el crecimiento de los corderos, se calculan a partir de 8,9 gr. por kg. de aumento diario (aparte de las pérdidas endógenas, 40 mg/kg. peso vivo). Es decir, se parte de un aumento del peso del animal en conjunto, y se le asigna una cantidad constante de mineral para toda la fase de desarrollo.

El conocimiento de que hay determinados períodos del crecimiento en que la demanda en Ca puede ser más grande, puede servir de base para un mejor ajuste de las tablas alimentarias.

RESUMEN

Se han utilizado 38 ovinos de raza Aragonesa (ecotipo Ansoátegui) para determinar las edades de fusión de los elementos óseos primarios, epífisis y apófisis de los mismos, así como las de aparición y sutura de nuevos cen-

etros de osificación después del nacimiento.

Se ha comprobado que la secuencia de unión de los huesos sigue un patrón bastante fijo dentro de la especie, y que dicho modelo probablemente es el mismo a nivel de familia (Bóvidos) y con pocas variaciones a nivel de orden (Artiodáctilos). Por lo tanto, la fijación en el tiempo del patrón de osificación en una especie concreta, constituye un método aceptable para la determinación de la edad, y al mismo tiempo complementario de otras técnicas.

Se han puesto de manifiesto ciertas relaciones funcionales de los patrones de osificación. Así, por ejemplo, las existentes entre precocidad de osificación, crecimiento diferencial y función de los miembros anteriores respecto de los posteriores.

Contrariamente a lo supuesto en la bibliografía revisada, los corderos estudiados presentan una clara diferencia sexual en cuanto a tiempo de fusión de ciertos huesos, en donde las hembras muestran un adelanto de aproximadamente un mes y medio, en promedio.

Por último, se ha observado que durante el primer año de vida se alternan períodos de mayor intensidad osificadora con otros de aparente reposo. Se sugiere que un mejor conocimiento de estos períodos resultaría de interés en el ajuste de las tablas alimentarias para los animales domésticos.

SUMMARY*

Postnatal ossification in sheep of the Aragonesa breed.

Thirty eight skeletons of Aragonesa (Ansoátegui ecotype) sheep were examined in order to determine the times of fusion of primary bones, their epiphyses and apophyses, as well as the time of appearance and suture of new ossification centres after birth.

The order of bone fusion seems to be very stable within the species and the pattern is probably the same for other Bovidae with little variation within the Artiodactyls. Therefore, knowledge of the time in which this pattern of

* Quiero agradecer la ayuda prestada por Alvaro Gaián, que reprodujo los originales de las figuras, y por Bert van Hensbergen, que hizo la corrección del resumen en inglés.

ossification occurs for a particular species, is a good method for age determination, and complements other techniques.

Some functional relationships of ossification patterns have been shown. For example, the relation between fusion time, differential growth, and functional differences between the hind and front limbs.

Contrary to what has been reported in the literature reviewed, a pronounced sexual difference in the fusion times of some bones has been shown. Fusion typically occurs about one and a half months earlier in the females, in these particular bones.

Finally, it has been observed that during the first year of life periods of intense ossification alternate with periods of little ossification. A better knowledge of these periods could be of use in improving feeding tables for domestic animals.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1968: *Necesidades nutritivas de los animales*. N.º 2 Rumiantes. 380 páginas. Ed. Academia. León.
- AHNBLUND, H., 1976: Age determination in the european badger, *Meles meles* L. Zeitschrift für Säugetierkunde. 41 (2): 119-125.
- APARICIO, G., 1957: *Exterior de los grandes animales domésticos. (Morfología externa)*. 324 pp. Córdoba.
- BALCELLS, E., 1956: Datos para el estudio de la geneta. P. Inst. Biol. Apl. Tom. XXIII: 83-122.
- BILOTTI, G., 1939: *L'età degli animali*. 49 pp. Ed. degli agricoltori. Roma.
- CURGY, J. J.. 1956: Apparition et soudure des points d'ossification des membres chez les mammifères. *Mémoires du Museum National d'Histoire Naturelle. Ser. A. Zool.* 32 (3): 173-307. Paris.
- DAVIS, S. J. M., 1980: A note on the dental and skeletal ontogeny of gazella. *Isr. J. Zool.* 29: 129-134.
- EVERITT G. C., 1968: Prenatal development of uniparous animals, with particular reference to the influence of maternal nutrition in sheep. In: *Lodge & Lamming, eds., Growth and development of mammals*: 131-157. Butterworths. London.
- FRECHKOP, S., 1955: Super-ordre des Ongulés. In: Grassé: *Traité de Zoologie. Tom. XVII: Mammifères. Fasc. I*, pp. 484-500. Masson et Cie. París.
- GARCIA-GONZALEZ, R., 1980: Estudio del crecimiento postnatal en corderos de raza Rasa Aragonesa ecotipo Ansotano. 468 pp. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. (Sin publicar.)
- GARCIA-GONZALEZ, R., 1981: Crecimiento del esqueleto en corderos de raza Rasa Aragonesa ecotipo Ansotano. I. Cráneo. P. Cent. pif. Bol. exp. 12: 125-142.
- GARCIA-GONZALEZ, R., 1982: Determinación de la edad por medio del estado de la osificación en el muflón (*Ovis ammon musimon*). (En preparación.)
- GRASSE, P. P.. 1967: *Traité de Zoologie T neXVI, Mammifères. Fasc. I: Téguments et squelette*. 1.162 pp. Masson et Cie. Paris.
- GUYTON, A. C., 1971: *Tratado de Fisiología Médica*. 4.^a ed. 1.084 pp. Ed. Interamericana. México.
- HAMMOND, J., 1932: *Growth and the development of mutton qualities in the sheep*. 595 pp. Oliver and Boyd. London, Edinburgh.
- HELMAN, M. B., 1965: *Ovinofecnia*. 1.489 pp. 2 vol. «El Ateneo». Ed. Buenos Aires.
- KOCH, W., 1934: The age order epiphyseal union in the skeleton of the european Bison (*Bos bonasus* L.). *Anatomical Records*. 61: 371-376.
- LESBRE, F. X., 1897: *Contribution à l'étude de l'ossification du squelette des Mammifères domestiques*. Thèse présentée à la Soc. Agr.. Sci. et Ind. Lyon. 98 pp. (Citado por Curgy, 1965.)
- LESSERTISSEUR, J. et SABAN, R., 1967: Generalités sur le squelette, in: P.-P. Grassé: *Traité de Zodologie. Mammifères*, tom. XVI, fasc. I.. pp. 334-404.
- LESSERTISSEUR, J. et SABAN, R., 1967: Squelette appendiculaire, in: P.-P. Grassé: *Traité de Zoologie. Mammifères, teguments, squelette*, tom. XVI, fasc. I, pp.709-1078.
- MAY, N. D. S., 1974: *Anatomia del ovino. Manual de discción*. 561 pp. Ed. Hemisferio Swr. Buenos Aires.
- RAJTOVA, V., 1971: Morphogenesis of the tarsus of the sheep (*Ovis ammon f. aries* L.) and the goat (*Capra aegagrus f. hircus* L.). *Folia morph.* 19 394-400. Prague.
- SISSON, S., y GROSSMAN, J. D., 1959: *Anatomía de los animales domésticos*. 952 pp. Salvat Ed. Barcelona.
- TOOD. T. W. & TOOD, A. W.. 1938: The epiphyseal Union pattern of Ungulates with a note on Sirenia. *American Journal of Anatomy*. 63: 1-36. Philadelphia.

INDICE DE AUTORES

Altuna, J. —(Vid. Mariezkurrena, K. y Altuna, J.)	
Arlegui, R. —(Vid. Vega, A., Herrera, L., Bergerandi, A. y Arlegui, R.)	
Basabe, J. M.^a —(Vid. Rebato, E. y Basabe, J. M. ^a)	
Bea, A. —Introducción a la herpetofauna del País Vasco. II. Datos bioclimáticos	283-296
Bech, M. —(Vid Larraz, M., Bech, M. y Campoy, A.)	
Benito del Rey, L. —Aspectos técnicos y tipológicos que relacionan estrechamente el Musteriense con hendidores de las cuevas del Castillo y Morin (Santander)	157-170
Bergerandi, A. —(Vid. Vega, A., Herrera, L., Bergerandi, A. y Arlegui, R.)	
Blot, J. —Le Cairn de Jatsaguneko-Gaina.- Milliaire romain?	183-190
Blot, J. —Le tumulus de Ahiga. Une tradition protohistorique en plein Moyen-Age	191-193
Campoy, A. —(Vid. Larraz, M., Bech, M. y Campoy, A.)	
Casatmijana, I. —(Vid Urrutia, J. y Casatmijana, I.)	
Cuevas, J., Garrote, A. y Tubia, J. M. —Análisis y significado de diferentes tipos de estructuras en el magmatismo del Cretácico Superior de la Cuenca Vasco-Cantábrica (1. ^a parte)	1-20
Escala, M. C. — Vid. Vega, A., Escala, M. C. y Rodríguez Arbeloa, A.)	
García-González, R. —Estudio de la osificación postnatal en ovinos de raza rasa aragonesa	259-279
Garrote, A. —(Vid. Cuevas, J., Garrote, A. y Tubia, J. M.)	
Herrera, L. —(Vid. Vega, A., Herrera, L., Bergerandi, A. y Arlegui, R.)	
Ibáñez, M. —(Vid. Irastorza, A. e Ibáñez, M.)	
Irastorza, A. e Ibáñez, M. —Estudio de los pigmentos en las algas macrófitas de la zona intermareal de la costa vasca	51-62
Krutowig Sagredo, F. —Noms de lieux pre-indoeuropeens dans la region qui va du Mont-Blanc au lac de Côme	255-257
Lada, C. y Moreno, G. —Contribución al estudio de los <i>Myxomiceles</i> en la Península Ibérica. IV. País Vasco	63-78
Larraz, M., Bech, M. y Campoy, A. —Estudio de algunas especies de moluscos del Macizo de Quinto Real (Navarra)	79-86
Mariezkurrena, K. y Altuna, J. —Alimentación de origen animal de los habitantes del Castillo de Aitzorrotz (Escoriaza, Guipúzcoa)	199-229
Martín Bueno, M. —(Vid. Rodriguez Salis, J. y Martin Bueno, M.)	
Mier, M. P. —(Vid. Nieto, J. M. y Mier, M. P.)	
Moreno, G. —(Vid. Lado, C. y Moreno, G.)	
Nieto, J. M. y Mier, M. P. —Contribución al estudio de los pulgones de Vascongadas. I. Eriosomatidae y Aphididae no Aphidinae (Homoptera Aphidoidea)	107-112

Orive, E. —(Vid. Villate, F. y Orive, E.)	
Rebato, E. y Basabe, J. M.^a —Estudio de la pigmentación de la piel, iris, cabello y forma de este último, en una muestra de población vasca	231-244
Rodríguez Arbeloa, A. —(Vid. Vega, A., Escala, M. C. y Rodriguez Arbeloa, A.)	
Rodríguez Salis, J. y Martín Bueno, M. —El Jaizquíbel y el promontorio Oiasso a propósito de un nuevo hallazgo numismático romano	195-197
Straus, L. G. —On maritime hunter-gatherers: A view from Cantabrian Spain	171-173
Straus, L. G. —On the habitat and diet of <i>Cervus elaphus</i>	175-182
Tubia, J. M. —(Vid. Cuevas, J., Garrote, A. y Tubia, J. M.)	
Ugarte, F. —Datos para el estudio del clima de montaña en el País Vasco. Aránzazu (1966-1978)	21-30
Urrutia, J. y Casatmijana, I. —Estudio de la productividad primaria y distribución estacional del Fitoptancton en el Abra de Bilbao (Noviembre 1977, Noviembre 1978)	31-50
Vega A., Herrera, L., Bergerandi, A. y Arlegui, R. —Fauna entomológica de la Charca de Muniain (Navarra)	101-106
Vega, A., Escala, M. C. y Rodriguez Arbeloa, A. —Ampliación de la distribución de <i>Triturus alpestris</i> en la Península Ibérica	113-114
Villate, F. y Orive, E. —Copépodos planctónicos del estuario de Plencia: Composición, distribución y abundancia	87-100
Zudarie, C. —Coeficiente de consanguinidad en zonas de Alava, Guipúzcoa y Vizcaya	245-254