

ESTUDIOS BIOMÉDICOS Y QUÍMICOS DE RESTOS ÓSEOS DE LA POBLACIÓN CANARIA PREHISPÁNICA

P O R

E. GONZÁLEZ REIMERS

y

M. ARNAY DE LA ROSA

Las estructuras óseas del organismo humano, en virtud de su extraordinaria resistencia y dureza, constituyen a menudo el único vestigio que resta de lo que otrora fuera un ser pensante y animado. Las culturas prehistóricas han proporcionado, junto a otros restos arqueológicos, frecuentes enterramientos individuales o colectivos, a veces con gran número de esqueletos, cuyo detenido estudio puede proporcionar valiosísima información acerca de multitud de aspectos de la vida y costumbres de los actores materiales de dichas culturas. El hueso, por ejemplo, se ve afectado por numerosas entidades nosológicas que dejan una huella indeleble: algunas de estas huellas son macroscópicamente visibles y han permitido la identificación de muchas enfermedades padecidas por el hombre prehistórico; otras en cambio, más sutiles, permiten inferir otros aspectos de la vida de estos hombres, no necesariamente ligados a enfermedades concretas: el hueso, bajo su apariencia inerte y mineral, es una estructura metabólicamente activa, en constante equilibrio homeostático con el resto del medio interno y que por lo tanto se ve afectado también por las variaciones que

éste experimenta, alterándose de esta forma bien su fina estructura histológica, bien su contenido mineral. Así, del estudio del hueso podemos informarnos acerca de costumbres dietéticas, e, integrando esta información con la derivada del análisis de otros vestigios arqueológicos, podemos inferir con alta probabilidad de certeza hábitos sociales y formas de vida. En el presente trabajo pretendemos actualizar los estudios que en este sentido se han realizado, comparando los llevados a cabo por diversos investigadores con los que hemos iniciado en los últimos años en restos óseos de habitantes prehistóricos de Canarias. Previamente haremos un sucinto repaso de la estructura y funciones del hueso, fundamentalmente dirigido al lector ajeno a la Biología o a la Medicina.

I. EL HUESO: CONCEPTOS BÁSICOS (1-5)

El tejido óseo contiene sustancias orgánicas (30-35 por 100) y sustancias minerales (65-70 por 100).

A su vez, las sustancias orgánicas comprenden diversas estirpes celulares (osteocitos, osteoblastos, osteoclastos y células mesenquimales osteoprogenitoras), una matriz proteica (proteoglicanos, mucoproteínas, osteocalcina), y fibras colágenas (95-99 por 100 de la sustancia orgánica). Estas fibras colágenas son sintetizadas por los osteoblastos, y se disponen en haces, cuya estructura y tamaño tienen importancia en la textura final del hueso, que, como veremos después, es variable, tanto a lo largo de la vida de un individuo como en distintas áreas anatómicas de un mismo individuo.

Las sustancias minerales consisten en sales de fosfato cálcico. Estas sales en un principio se depositan en forma amorfa y cristalizan posteriormente, formando cristales de hidroxapatita. Como luego comentaremos, estas sales complejas de fosfato cálcico pueden albergar otros iones, cuya cantidad y distribución varían en determinadas circunstancias.

Un hueso está constituido por tejido óseo y numerosos vasos que lo nutren. Son estructuras aparentemente compactas por su cara externa, que encierran en su interior una cavidad más

o menos pronunciada según el tipo de hueso. Esta cavidad (cavidad medular) alberga células hematopoyéticas y células adiposas fundamentalmente, existiendo, tanto en el seno de las paredes del hueso como en la médula numerosos vasos sanguíneos encargados de la nutrición de estas estructuras.

Vemos, pues, que el hueso (entidad anatómica) contiene diversos tipos de tejidos: óseo, hematopoyético, adiposo, endotelios vasculares, etc. Si cortamos longitudinal o transversalmente un hueso distinguimos a simple vista dos texturas anatómicas diferenciadas: una parte externa compacta (hueso compacto) y una interna esponjosa (hueso esponjoso o trabecular). Esta última forma como una delicada red en cuya malla se alojan las células hematopoyéticas y adiposas antes mencionadas. En determinados huesos de carga, que desempeñan una primordial función de sostén, las trabéculas se disponen de una manera precisa, formando arcos según la carga que soporta ese hueso. Así, una disminución de la actividad física o la ausencia de gravedad (como ocurre actualmente en los viajes espaciales) altera notablemente la disposición y tamaño de estas trabéculas.

En el hueso compacto podemos distinguir una serie de estructuras denominadas osteonas, que son las unidades anatómicas funcionales del tejido óseo. Cada una de ellas está centrada por un espacio (de Havers) que encierra un vaso, y rodeada de laminillas óseas concéntricas entre las que se disponen los osteocitos. Estas osteonas constituyen las unidades de remodelado —como luego veremos— del hueso cortical. Entre las osteonas existen laminillas intercalares irregularmente distribuidas.

En el hueso trabecular hay numerosas laminillas óseas dispuestas longitudinalmente con osteocitos adosados. Los osteocitos se comunican unos con otros por medio de unas prolongaciones citoplasmáticas alojadas en unos espacios denominados conductos calcóforos.

Como hemos dicho antes, el hueso no es una estructura inerte. En primer lugar, el hueso cambia desde la edad fetal hasta la edad adulta, adoptando su forma característica: a este proceso se le conoce con el nombre de MODELADO, y sus alteraciones dan lugar a las denominadas displasias óseas. Durante el proceso de modelado, el hueso crece, bien por osificación

endocondral o intramembranosa (mecanismos cuyos detalles no interesan en la presente revisión); este fenómeno es el denominado CRECIMIENTO. Crecimiento y modelado implican procesos de síntesis ósea (OSTEOSÍNTESIS) en unas zonas y destrucción (RESORCIÓN) en otras, predominando globalmente aquéllas sobre éstas. Este proceso de síntesis y resorción se da también en la edad adulta, no sólo en situaciones patológicas (fracturas, donde predomina la primera sobre la segunda), sino también de modo continuo en situaciones fisiológicas, sin que exista aquí predominio de una sobre otra. Este fenómeno se conoce con el nombre de REMODELADO, caracterizado por un equilibrio entre osteosíntesis (promovida por los osteoblastos) y osteoresorción (promovida por los osteoclastos), equilibrio que se altera por numerosas circunstancias patológicas y fisiológicas, cuyo conocimiento es de máximo interés para paleopatólogos, arqueólogos y prehistoriadores.

II. REMODELADO ÓSEO (6, 7)

El remodelado, como hemos visto, consiste en un continuo proceso de síntesis y destrucción ósea que tiene lugar a lo largo de toda la vida. Analizaremos por separado ambos fenómenos.

I. Estando constituido el hueso por una sustancia orgánica (fibras de colágena embebidas en una matriz proteica) sobre la que se depositan sales minerales, la síntesis de hueso incluirá la producción por una parte de dicha materia orgánica y la posterior calcificación de la misma.

a) La síntesis de la matriz orgánica se realiza por parte de los osteoblastos, quienes primeramente se encargan de la producción de haces de colágena, proceso que se conoce en sus íntimos detalles (6), pero cuya exposición excede de los límites del presente trabajo. Los osteoblastos se encargan asimismo de la síntesis de las otras proteínas de la matriz, entre ellas de la osteocalcina, cuyos niveles en sangre reflejan de modo bastante adecuado la cuantía del proceso osteosintético.

Se produce así una cierta cantidad de matriz proteica con haces de colágena ordenadamente dispuestos; este tipo de es-

estructura tisular aún no calcificada se denomina OSTEOIDE. Sobre ella van a depositarse las sales cálcicas, formándose así hueso mineralizado.

Entre la producción de la matriz proteica y la mineralización de la misma existe normalmente un retraso de unos 8-10 días, por lo que normalmente existe una pequeña porción de tejido osteoide, perfectamente evidente en los cortes histológicos de hueso.

La tasa de síntesis del osteoide depende, entre otros factores, del aporte nutricional. La calcificación del osteoide, de la disponibilidad de calcio, fosfato y de una hormona, la 1,25 dihidroxi-vitamina D, sintetizada en el riñón a partir del 25 hidroxivitamina D, la cual a su vez se sintetiza en el hígado a partir de la vitamina D. El aporte exógeno de esta vitamina y su adecuada absorción tienen importancia en países donde la insolación es escasa, ya que normalmente se sintetiza en la piel bajo la influencia de la radiación ultravioleta. En nuestro medio, el aporte exógeno es de escasa importancia, de manera que aún incluso en situaciones que afectan a la absorción o a la síntesis de metabolitos activos de vitamina D, los valores de ésta en sangre son elevados, como ha sido demostrado en un estudio realizado por nuestro grupo (8). Por lo tanto, si bien la defectuosa síntesis de osteoide puede deberse a déficit nutricional, en nuestro medio, la etiología de la defectuosa mineralización del mismo hay que buscarla más en enfermedades concretas que en trastornos del aporte exógeno, si bien una baja ingesta de fosfato puede dar lugar a su aparición; pero este hecho es extraordinariamente raro, ya que el fósforo abunda tanto en alimentos cárnicos como en vegetales, huevos, etc. Repetimos, esta afirmación es válida para el medio geográfico canario. En países donde la insolación es escasa [y, por consiguiente, la síntesis endógena de vitamina D (9)], un déficit dietético puede dar lugar a defectuosa mineralización del osteoide, y así se ha constatado en poblaciones europeas medievales o de la primera revolución industrial (10).

La defectuosa mineralización del osteoide da lugar a un «ablandamiento» del hueso. Cuando tiene lugar en la edad adulta, una vez acabado el modelado, hablamos de osteomalacia.

Cuando tiene lugar durante el crecimiento se denomina raquitismo. Dado que la primera, en sus fases iniciales, sólo va a detectarse por un aumento del osteoide (hueso no calcificado), no la podremos diagnosticar precozmente en preparaciones histológicas de muestras óseas prehistóricas en las que los tejidos blandos se hayan destruido. Sin embargo, son características las alteraciones macroscópicas esqueléticas que pueden observarse tanto en casos de osteomalacia avanzada como en los de raquitismo.

b) La destrucción (resorción) ósea se realiza por parte de los osteoclastos, merced a un proceso que conduce a la aparición de los denominados conos resorptivos o a las lagunas de Howship. En el adulto joven, síntesis y resorción están equilibradas; a partir de los 35-40 años comienza a predominar la resorción sobre la síntesis. De esta manera, la masa ósea varía según la edad, aunque tiende a mantenerse dentro de límites del rango de normalidad hasta la edad de 60-65 años, especialmente en el hombre. A partir de esa edad, el descenso es acusado, por lo que en el anciano la masa ósea está francamente disminuida (11-14).

Una hormona, la secretada por las glándulas paratiroides, denominada por ello parathormona (PTH), tiene un importante papel activador de los osteoclastos. Su exceso determina una mayor resorción ósea. Muchas otras sustancias (calcitonina, la propia vitamina D, hormonas sexuales, corticoides, hormonas tiroideas, etc.) juegan un papel destacado en el remodelado óseo. Su detenido estudio no procede en la presente revisión.

Globalmente considerado el proceso de remodelado óseo conduce a un aumento discreto pero significativo del diámetro de los huesos largos a medida que avanza la edad. Cuando los procesos resorptivos comienzan a predominar sobre los osteosintéticos va apareciendo un progresivo ensanchamiento de la cavidad medular del hueso y un descenso paulatino de la masa ósea.

El descenso de la masa ósea define a una entidad denominada OSTEOPOROSIS. Esta situación, por lo que acabamos de exponer, es fisiológica en el anciano, pero su detección en el adulto joven y maduro implica la presencia de una alteración

TABLA I

CAUSAS DE OSTEOPOROSIS

Primarias (Mecanismo de producción desconocido; no asociadas a otro proceso)

- Osteoporosis senil (tipo II).
- Osteoporosis postmenopáusica tipo I.
- Osteoporosis idiopática juvenil.

Secundarias (Asociadas a otras enfermedades; mecanismos de producción conocidos en algunos casos)

- Hipogonadismo.
- Síndrome de Cushing (exceso de hormonas corticoideas).
- Hipertiroidismo.
- Déficit de calcio.
- Malnutrición.
- Descenso/ausencia de actividad física.
- Artritis reumatoide.
- Epilepsia.
- Síndromes malabsortivos.
- Diabetes.
- Alcoholismo.
- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
- Escorbuto.
- Asociada a procesos muy poco frecuentes (síndrome de Mencke, hipofosfatasa, osteogénesis imperfecta, síndrome de Marfan, síndrome de Ehlers-Danloss, homocistinuria, mastocitosis sistémica).
- Farmacológica (uso crónico de heparina).

patológica subyacente. En efecto, su etiología, expresada en la tabla I, es múltiple. Es decir, una vez sentado el diagnóstico de esta entidad en una muestra concreta de hueso hay que plantearse que la causa que motivó su aparición puede ser cualquiera de las entidades referidas en dicha tabla. Ahora bien, en un grupo poblacional no senil no seleccionado, la prevalencia de estas entidades es escasa. Por ejemplo la más frecuente de todas ellas, como es la diabetes, no presenta una prevalencia superior a 1-2 por 100, salvo en algún grupo racial determinado, como es el caso de los indios Pima de Norteamérica (15). Por ello, una alta prevalencia de osteoporosis en un grupo poblacional amplio (repetimos, no senil), ha de hacernos pensar que probablemente obedezca a una malnutrición calórico-proteica. Es por ello por lo que el diagnóstico de esta entidad en muestras poblacionales prehistóricas puede proporcionar valiosa información al arqueólogo.

Brevemente expondremos a continuación algunos métodos por los cuales podemos establecer el diagnóstico de esta entidad.

III. OSTEOPOROSIS: MÉTODOS DE ESTUDIO

1. *Radiología*.—Es el método más accesible por su carácter no invasivo. No obstante son numerosas sus limitaciones. Los métodos radiológicos se basan en dos hechos:

a) Por una parte, en la mayor radiotransparencia ósea debida a disminución de la masa ósea. Obviamente, este parámetro es muy subjetivo, es apreciable sólo cuando el descenso de la masa ósea alcanza ya un 30 por 100, y depende además de las condiciones técnicas en las que se realice el estudio.

b) Por otra parte, en el progresivo adelgazamiento de la cortical y ensanchamiento de la cavidad medular observables en la osteoporosis. Así se han establecido diversos índices córtico-medulares (a nivel de falanges, de fémur y de otros huesos largos) que fueron clásicos en el estudio de esta entidad (16). Actualmente están en desuso, ya que su correlación con técnicas diagnósticas más fieles es escasa (17).

La pérdida de masa ósea y el adelgazamiento de las corticales predispone a la aparición de fracturas. Son especialmente comunes las fracturas por aplastamiento de las vértebras, lo que da lugar a una alteración de su morfología, convirtiéndose en bicóncavas.

2. *Densitometría ósea*.—Persigue objetivar las variaciones de la masa ósea trabecular, que como hemos visto, debido a su tasa más rápida de remodelado óseo, se altera más precozmente que el hueso compacto. Pueden realizarse estudios densitométricos de la siguiente manera:

a) Mediante tomografía axial computadorizada (TAC) de un cuerpo vertebral (18).

b) Absorciometría fotónica monoenergética y absorciometría fotónica dual, esta última más reciente y perfeccionada que la primera.

Los principales inconvenientes de estas técnicas, al aplicarlas «in vivo» consisten en las modificaciones artefactuales que ejercen las partes blandas (hecho que se obvia notablemente con la absorciometría fotónica dual). En cambio, su aplicación a muestras prehistóricas es teóricamente muy útil, con el único inconveniente de la carestía que supone la adquisición del aparataje necesario.

3. *Estudio histológico de muestras óseas*.—Constituye obviamente un método de extraordinaria utilidad, ya que asociado a la histomorfometría permite cuantificar exactamente la masa ósea. Su principal inconveniente es que requiere una infraestructura y una técnica notablemente complejas, ya que es necesario estudiar estas muestras óseas sin descalcificar, incluyéndolas en plásticos como polymaster o metacrilato y cortarlas posteriormente con cuchillas especiales para sustancias duras. La información que proporciona este método al clínico es muy grande, ya que con técnicas adecuadas de tinción pueden objetivarse tanto el hueso mineralizado como las sustancias orgánicas (osteóide) y elementos celulares. En esqueletos prehistóricos que han perdido la materia orgánica, no podremos diagnosticar la presencia de una osteomalacia incipiente, pero sí la de entidades como la osteitis fibrosa secundaria a un hiperparatiroidismo), la osteosclerosis (definida por un aumento

de la masa ósea) y la osteoporosis, entidad que nos interesa especialmente aquí por su relevancia en la inferencia del estado nutricional, como antes hemos apuntado.

¿Qué muestras pueden estudiarse y cómo ha de hacerse el estudio? Teóricamente sería válida cualquier muestra que contuviera hueso trabecular (preferentemente) o hueso compacto. Hemos visto anteriormente que tanto en el primero (descenso del volumen trabecular) como en el segundo (adelgazamiento cortical y otras alteraciones que comentaremos a continuación) se manifiesta la osteoporosis, aunque los cambios son más precoces y marcados en el hueso trabecular. Es necesario, sin embargo, hacer una serie de consideraciones: en primer lugar, aunque el estudio se haga en muestras prehistóricas, es conveniente tener un patrón comparativo. Éste, o lo obtenemos de una población viviente actualmente, o lo buscamos en restos óseos de individuos fallecidos por causas que no afecten a la masa ósea y que no sean seniles. Si elegimos para el estudio la extremidad de un hueso largo, como por ejemplo la cabeza del fémur (rica en hueso trabecular), veremos que ambas alternativas son difícilmente viables, la segunda por la escasez de muestras válidas obtenibles, y la primera porque, si bien podemos obtener muestras de individuos sanos fallecidos por traumatismos, la biopsia de fémur, tibia o húmero es un procedimiento excesivamente traumático para ser aplicado en pacientes, por lo que no es empleada en medicina. Por eso, en el caso de intentar la realización de un estudio de este tipo nos veríamos obligados a buscar controles propios sólo para tal fin.

Actualmente, en la clínica se emplea para el diagnóstico de las osteopatías el estudio de muestras de cresta iliaca. La cresta iliaca soporta escasa carga; es rica en hueso trabecular, pueden estudiarse además ambas corticales (la externa e interna), y su obtención en un enfermo no requiere incisiones amplias o anestesia general. Este método está ampliamente extendido, y existen series notablemente cuantiosas tanto de individuos normales de sexos y grupos de edad diferentes, como de individuos afectados de osteoporosis y de otras patologías óseas. La muestra se obtiene mediante un trócar de Bordier, a 2-3 centímetros por detrás y por debajo de la cresta iliaca anterosuperior. Se ob-

tiene así un cilindro que contiene ambas corticales y el hueso esponjoso en el centro, ideal para el estudio de las enfermedades óseas difusas (19-22).

Un segundo aspecto que hemos de considerar al analizar muestras prehistóricas es la posible alteración post-mortem sufrida por el hueso. Por ello es necesario, en primer lugar, asegurarse de que, macroscópicamente, el hueso esté bien conservado; en segundo lugar, de que la conservación de las trabéculas es óptima. Ello puede hacerse mediante la observación con un microscopio de barrido electrónico. Este estudio preliminar es conveniente realizarlo siempre, ya que aun cuando la corteza parezca indemne, es posible que sales minerales disueltas hayan penetrado a través de pequeñas soluciones de continuidad de la cortical y destruido la armazón trabecular. Así, en muestras de cresta iliaca podemos pues determinar fielmente el volumen óseo trabecular, y por lo tanto, sentar un correcto diagnóstico de osteoporosis, aún en sus fases precoces.

También se han estudiado otras muestras óseas. Por ejemplo, diversos autores (23-27) han medido el grosor cortical en diáfisis de huesos largos, comparándolo con el grosor total del hueso, encontrando osteoporosis en adultos jóvenes y atribuyendo este hecho a déficit de ingesta cálcica (27). Otros han calculado el área cortical, recurriendo a histomorfometría (28). El estudio histológico del hueso trabecular ha sido también abordado por varios investigadores: así, Weinstein et al. (29) estudian el hueso trabecular de una momia peruana, encontrando datos sugestivos de «hiperparatiroidismo secundario a déficit dietético» (citamos textualmente); Mielke, por su parte, estudia el hueso trabecular de la cabeza femoral y su alteración en la osteoporosis y con el incremento de edad (30).

Otros autores han estudiado el hueso cortical (31), analizando osteonas esclerosadas (32) u osteonas con hipermineralización de sus laminillas (33). La hipermineralización sería debida a un retraso en la síntesis de nuevo osteoide que condicionaría mayor mineralización de las laminillas ya formadas, retraso en la síntesis atribuible a un trastorno nutricional.

La mayor parte de los enterramientos prehistóricos de las islas Canarias han sido hallados en cuevas localizadas bien en

barrancos o acantilados, bien en el seno de las corrientes de lava. Los cadáveres, momificados o no, suelen aparecer en decúbito supino, descansando sobre yacijas de piedra o troncos; es decir, el contacto con la tierra es mínimo, habiéndose recogido en las fuentes etnohistóricas que los prehistóricos intentaban evitar el contacto de sus muertos con el suelo, por ser éste impuro (34). Ello permite la realización de estudios histológicos de estos restos humanos en condiciones óptimas, al ser mínima la exposición del hueso a la acción deletérea de las sales minerales.

Nosotros hemos iniciado el estudio histológico del hueso trabecular de esqueletos prehistóricos, utilizando muestras de cresta iliaca, determinando el volumen óseo mineralizado y comparándolo con un grupo «control» (figs. 1-2). Hemos encontrado una alta prevalencia de osteoporosis (35, 36), especialmente en la isla de Gran Canaria la mejor y más completamente estudiada hasta el momento (37, 38), lo que plantea la hipótesis —siguiendo, como hemos visto, a otros autores— de la existencia de importantes desequilibrios dietéticos que condujeron a un déficit nutricional entre los canarios prehistóricos.

IV. OLIGOELEMENTOS EN HUESO

Otro aspecto importante del hueso es su contenido en oligoelementos o elementos traza.

Un elemento traza es una sustancia que se encuentra en el organismo humano en muy bajas concentraciones, pese a lo cual posee gran importancia fisiológica, aunque el mecanismo íntimo de acción de muchos de ellos aún no es bien conocido (39, 40). En el hueso, estos elementos traza se incorporan a la hidroxiapatita, bien sustituyendo a los átomos que normalmente componen la molécula, bien uniéndose a ella por fuerzas fisicoquímicas de diversa naturaleza. La importancia que tienen estos oligoelementos en el estudio de la nutrición estriba en dos hechos: 1) Algunos de ellos pueden acumularse en concentraciones variables en el hueso, dependiendo de la cantidad ingerida; 2) Algunos oligoelementos se acumulan más en plantas,

mientras que otros lo hacen en tejidos animales (41). Estos dos hechos permiten que podamos inferir, basados en las concentraciones en el hueso de estos oligoelementos, el tipo de dieta o, al menos, la cantidad relativa de dieta cárnica o vegetariana consumida (42).

Así el hierro, zinc, molibdeno y selenio se asocian más a consumo de proteínas animales, mientras que estroncio, manganeso y magnesio se encuentran en concentraciones mayores en productos vegetales (43). Sin embargo, estos hechos no deben llevarnos a conclusiones erróneas, ya que:

1. Existen múltiples factores que dificultan o comprometen la absorción específica de algunos elementos, algunos de ellos conocidos —como es el caso del zinc (44) o del hierro (45)—, otros aún no totalmente elucidados.

2. Algunos oligoelementos, como el zinc y el cobre, compiten a nivel de su depósito en el hueso, de tal manera que concentraciones elevadas de uno de ellos implican concentraciones bajas del otro (44).

3. La distribución de estos oligoelementos no es uniforme en todo el esqueleto. Así, los estudios de Tanaka y cols. (46), demuestran que en algunas zonas las concentraciones son hasta dos y tres veces mayores que en otras.

4. Existen además evidencias en favor de que, aún dentro del mismo hueso, las concentraciones pueden variar de un extremo a otro, e, incluso, de cortical a trabecular.

Lo que parece sin embargo claro es que en el adulto normal actual, sometido a una dieta equilibrada, las variaciones de la concentración ósea de algunos oligoelementos, como es el caso del estroncio, no son lo suficientemente importantes como para que los valores medios se alejen mucho de 100-150 ppm. (39, 46).

5. Hay otro factor que debe ser tenido en cuenta, que es la diagénesis, es decir, las eventuales alteraciones postmortem del contenido en oligoelementos. En efecto, está demostrado que el hueso puede enriquecerse en algunos de ellos y empobrecerse en otros (47) siendo el estroncio —el mejor estudiado y más utilizado en análisis paleonutricionales— el que más establemente se comporta (48). La mayor parte de estos estudios

han sido llevados a cabo en muestras en las que cabe esperar cierto grado de fosilización en el sentido geológico del término. En nuestro medio no existen estudios acerca del grado de fosilización que han sufrido los esqueletos prehispanicos, aunque es de suponer que sea mínimo, dado lo reciente —en términos geológicos— del poblamiento prehistórico de las Islas Canarias. Es imprescindible, en cualquier caso, un análisis de las tierras de los yacimientos donde fue hallada la muestra ósea.

En los estudios practicados por nosotros hemos encontrado que estas tierras presentan contenidos muy bajos en estroncio, mientras que los valores de manganeso en cambio son muy superiores a los de los huesos analizados; por lo tanto, si encontramos concentraciones óseas elevadas de estroncio podemos realmente suponer que así estaban al fallecer el sujeto; en cambio, con respecto al manganeso no puede descartarse la eventual contaminación (37). Estos resultados están de acuerdo con lo referido por otros autores en otros medios geográficos (49).

Además de lo dicho es necesario hacer otras consideraciones acerca de las muestras que van a analizarse, así como de las técnicas que pueden emplearse. Los oligoelementos se encuentran, por definición, en muy bajas concentraciones, habitualmente expresadas en ppm (partes por millón) o ppb (partes por mil millones). Por ello es necesario determinar su concentración mediante espectrofotometría de absorción atómica, bien con llama, bien con cámara de grafito (la cual, por su mayor sensibilidad es útil para detectar concentraciones muy bajas); otro método alternativo es la activación neutrónica.

En segundo lugar, hay que proceder con extremo cuidado en la elección de la muestra que se va a analizar. Cualquier contaminación externa puede artefactar los resultados, especialmente si procedemos a determinar oligoelementos presentes en concentraciones a nivel de ppb. Por ello es necesario elegir piezas que presenten la menor cantidad posible de material adherido a su superficie, e incluso proceder a determinar concentraciones en partes de hueso que no han estado en contacto con la tierra. De nuevo, en este sentido, la mayor parte de los enterramientos prehispanicos canarios ofrecen una gran ventaja,

al ser habitual que los huesos no estén bajo la tierra, sino sobre una yacija.

El hueso trabecular tiene un metabolismo más activo que el cortical. Por eso hay autores que analizan el contenido de estroncio en muestras de hueso cortical, dado que los valores obtenidos en estas muestras reflejarían de modo más fiel el aporte de este elemento durante períodos más largos. Por problemas metodológicos, y a fin de poder obtener valores en controles, preferimos hacer las determinaciones en el hueso trabecular de muestras de cresta ilíaca, procediendo a separar cuidadosamente ambas corticales. Así estamos en condiciones de obtener resultados sensiblemente fieles, y por otra parte nos es fácil tener resultados de controles actuales que por una u otra razón hayan sido sometidos a biopsia ósea.

Los resultados obtenidos en muestras prehistóricas son variables. Así, Becker y cols. (50), en muestras peruanas y de indios de Pennsylvania encuentran valores del orden de 62-210 ppm en los primeros y de 375 en los segundos. Price y Kavanagh (51), en indios de Wisconsin, valores oscilantes entre 91 y 380 ppm. Szpunar y cols. en Missisipi encuentran valores del orden de 170-180 ppm (52). Tooth y Voorhies, en carnívoros y herbívoros pliocénicos encuentra valores elevados (entre 477 y 636 ppm) (53). Sin embargo, los más elevados son los reportados por Schöninger et al. en Chalcatzingo (54) (por encima de 1.000 ppm en casos individuales y valores medios de grupos humanos del orden de 500-700 ppm), encontrando además que los esqueletos inhumados con distintos tipos de ajuar presentaban contenidos de estroncio diferentes, lo que sugiere la hipótesis de distinto acceso a las proteínas de origen animal por parte de estos individuos. Los valores de Schöninger son los más parecidos a los encontrados por nosotros en Gran Canaria, donde en algunos esqueletos la concentración es extraordinariamente alta, situándose la media alrededor de 400-500 ppm (55). Es interesante hacer constar que estos valores son sensiblemente superiores a los de las muestras de Tenerife, en sugestiva coincidencia con un menor grado de osteoporosis en las muestras estudiadas de esta última isla.

Lo contrario ocurre con el zinc y el hierro (fig. 5). Los resultados obtenidos en muestras de Gran Canaria son sensiblemente inferiores a las de Tenerife, y muy inferiores a las de los controles. En cambio, el magnesio óseo está de nuevo significativamente más elevado en las muestras de Gran Canaria que en las de Tenerife y las del grupo control. Todos estos datos apoyan fuertemente la existencia de diferencias dietéticas y nutricionales entre los habitantes de ambas islas; concretamente, la mayor prevalencia de osteoporosis en Gran Canaria apunta hacia un cierto grado de malnutrición por consumo insuficiente de una dieta eminentemente vegetariana, tal como indican las determinaciones de oligoelementos. En Gran Canaria existen numerosos silos prehistóricos localizados en puntos difícilmente accesibles y, por tanto, fácilmente defendibles; la densidad de población era elevada [30-40 hab/km² si nos atenemos a las fuentes etnohistóricas (56)]; además esas mismas fuentes nos hablan de infanticidio femenino, un hecho habitualmente practicado para controlar la presión demográfica; además, en la isla existen extensas áreas semidesérticas, y es probable que en el pasado —como ocurre aún hoy— plagas de langosta provenientes del vecino continente africano provocaran devastadores efectos sobre la economía de la isla.

Existe otro tipo de análisis químico de muestras óseas de interés en paleonutrición, y que estriba en el cálculo de la relación C-13/C-12 en el hueso (57). Su base teórica es la siguiente: las plantas pueden clasificarse en base a las vías metabólicas que utilizan para su fotosíntesis en tres grupos: plantas C4, que forman primeramente el oxalacetato, un compuesto de cuatro átomos de carbono (caña de azúcar, otras especies herbáceas, maíz, sorgo y mijo), y las plantas C3, que forman fosfoglicerato (leguminosas —habas, guisantes, judías, alfalfa, etc.—, algas, espinacas, cebada). El tercer grupo es el de las cactáceas, de menor interés en paleonutrición. Pues bien, las plantas C3 tienden a utilizar más el isótopo C-12 del carbono, por lo que en ellas la fracción C-13/C-12 es más baja que en las plantas C4. Esta relación no se altera en la cadena alimentaria; por ello, los animales consumidores de uno u otro tipo de especie vegetal tendrán una fracción más o menos grande C13/C12. De hecho,

el valor de la misma se ha utilizado para determinar el momento del inicio del consumo del maíz por parte de grupos humanos. Sin embargo, es necesario ser extremadamente cautelosos en la interpretación de los resultados. Primero, porque la fase ósea mineral se altera fácilmente por diagénesis en su contenido en C12 y C13; es mucho más estable la colágena ósea, pero, por desgracia, la disponibilidad de ésta es muy escasa. Segundo, porque los organismos marinos poseen una concentración de C13 parecida a la de las plantas C4, hecho a tener en cuenta en la interpretación de los resultados.

El análisis de isótopos tiene también otra utilidad. Existen diferencias en el peso atómico entre el nitrógeno del suelo y el nitrógeno atmosférico. Por otra parte existen especies vegetales —las leguminosas— que tienen capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico, mientras que otras sólo pueden utilizar el nitrógeno del suelo. Todas las leguminosas son plantas C3, mientras que ninguna planta C4 es capaz de fijar el nitrógeno atmosférico. Así mediante el empleo mixto de los isótopos de nitrógeno y de carbono podemos clasificar las especies vegetales consumidas en tres grupos: leguminosas (que son C3 y captan nitrógeno atmosférico), otras especies C3 no leguminosas (que no captan el nitrógeno atmosférico) y plantas C4. Esta concentración de isótopos distintos se conserva también durante el proceso de fosilización y cuando una planta de éstas es sometida a cocción. De esta forma se puede estudiar el tipo de planta consumido en base al análisis del material encontrado en yacimientos arqueológicos o de los restos adheridos a vasos cerámicos, pudiendo inferirse de esa manera también qué función (almacenamiento, cocción, etc.) tenían dichos vasos (58).

Vemos, pues, que la potencial utilidad de los análisis biomédicos y químicos es muy grande; existen además otro tipo de análisis menos utilizados, y cuyo comentario excede los fines de la presente revisión. En lo que respecta a nuestra experiencia en Gran Canaria y Tenerife, los datos etnohistóricos coinciden con los obtenidos mediante el análisis biomédico de los restos óseos. Hemos pretendido, pues, en este trabajo, aportar

un ejemplo de lo que este tipo de análisis puede suponer para el arqueólogo, ayudándole sin duda a la mejor interpretación de múltiples aspectos relativos a la estructura social y económica de las sociedades prehistóricas.

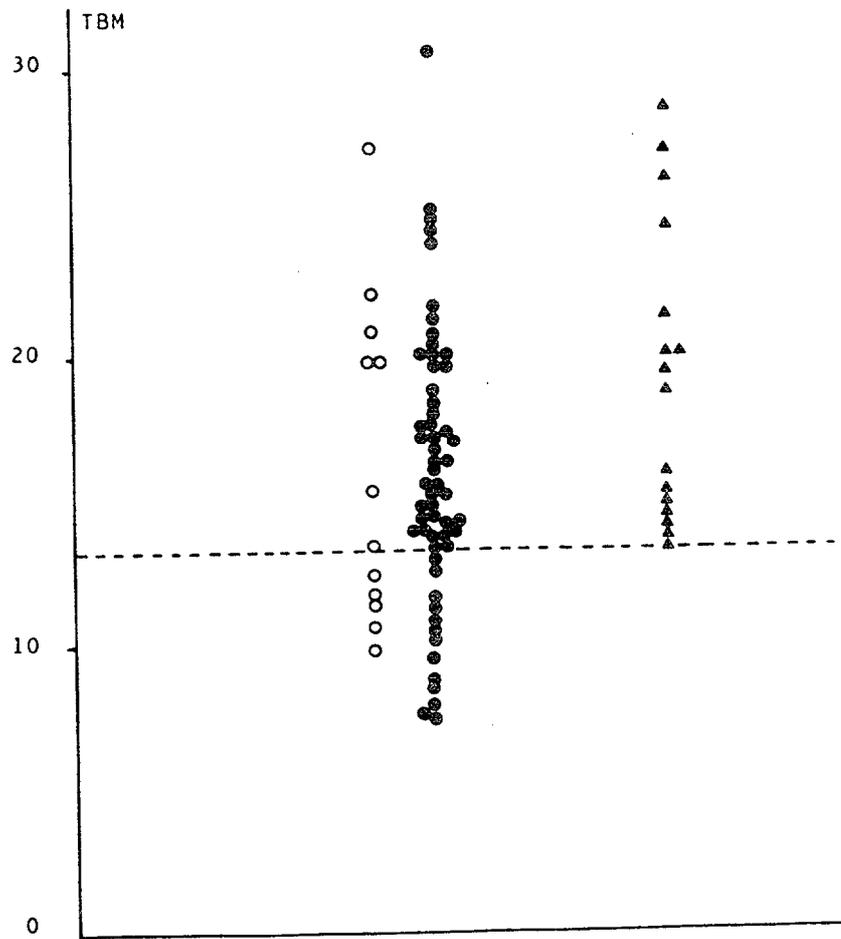


Figura 1.—Volumen óseo trabecular (TBM) de muestras prehistóricas de Gran Canaria (○ esqueletos femeninos, ● ídem masculinos) y controles (▲).

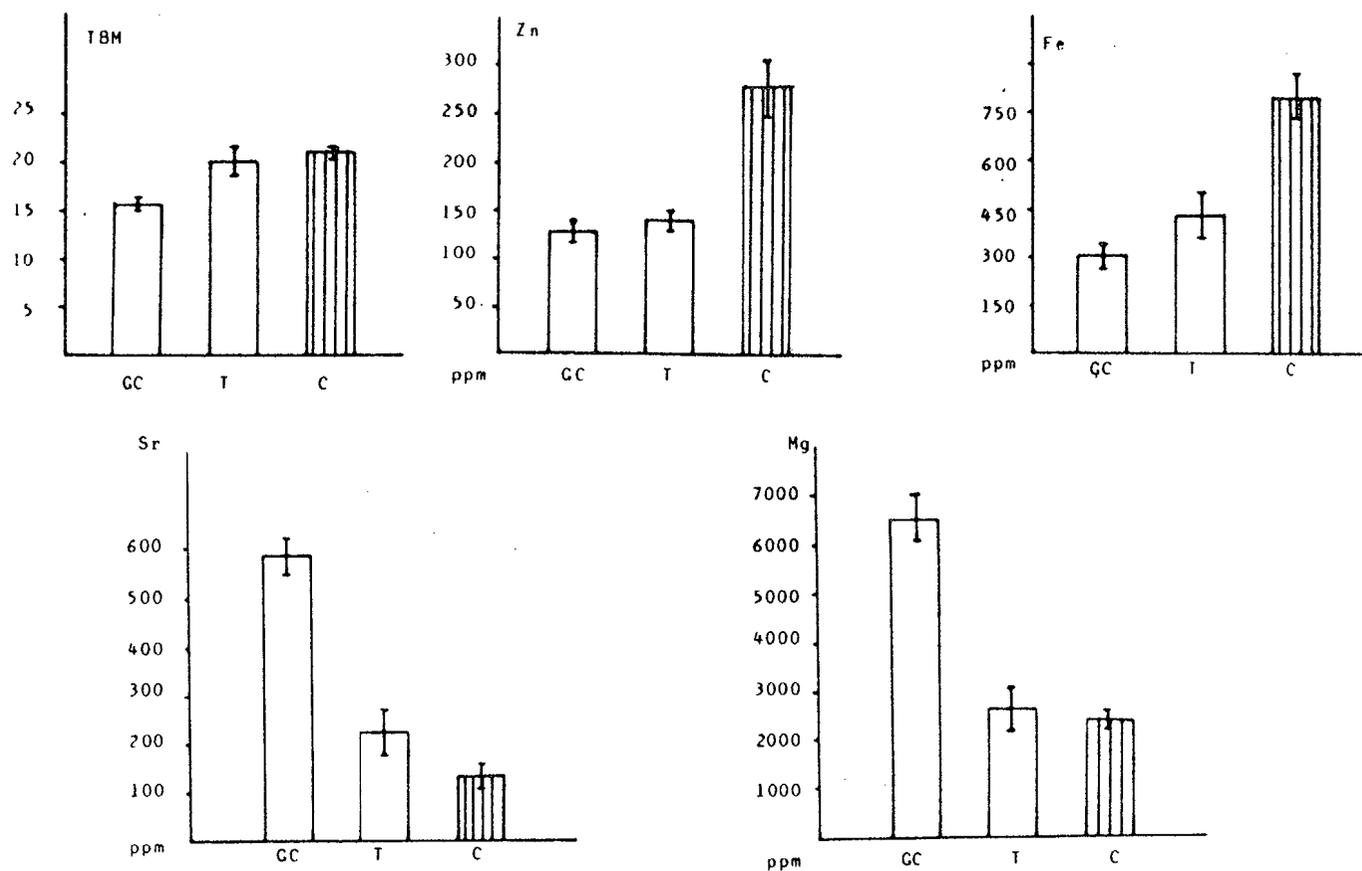
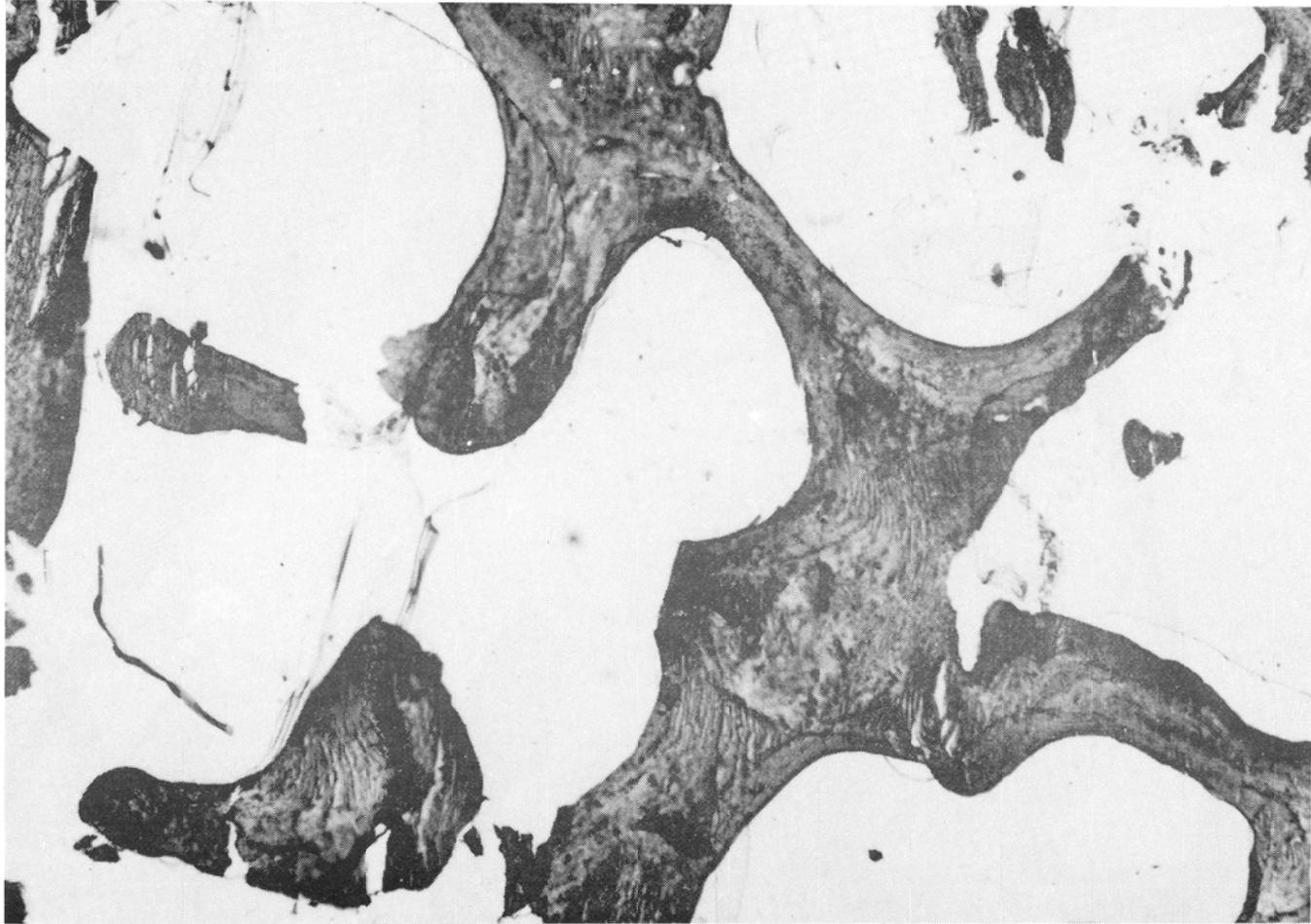


Figura 2.—Oligoelementos en hueso y masa ósea trabecular (TBM) de muestras óseas prehispanicas de Gran Canaria (GC), Tenerife (T) y controles actuales (Ctrl).

BIBLIOGRAFÍA

1. HERNÁNDEZ NIETO, L., y TORRES RAMÍREZ, A.: «Enfermedades óseas», en FARRERAS, P.; ROZMAN, C. (ed.): *Medicina interna*, Ed. Doyma, Barcelona, 1987, 1005-1033.
2. KRANE, S. M., y HOLICK, M. F.: «Metabolic bone disease», en HARRISON'S: *Principles of Internal Medicine* (2) (11 ed.), McGraw-Hill Book Co., New York, 1987, 1889-1900.
3. BARGMANN, W.: *Histología y Anatomía microscópica humanas*, Ed. Labor, Barcelona, 1968.
4. SPALTEHOLZ, W.: *Atlas de Anatomía Humana* (I), Ed. Labor, Barcelona, 1967.
5. GUYTON, A. C.: *Tratado de Fisiología Médica* (5.ª ed.), Interamericana, México, 1980.
6. AUERBACH, G. D.; MARX, J. S.; SPIEGEL, A. M.: «Hormona paratiroidea, calcitonina y los calciferoles», en R. H. WILLIAMS: *Tratado de Endocrinología*, Interamericana, México, 1984, 1006-1128.
7. KRANE, S. M.: «Tejido conectivo», en SMITH, LL. H., y THIER, S. O.: *Fisiopatología*, Ed. Médica Panamericana, Buenos Aires, 1983, 601-635.
8. JORGE HERNÁNDEZ, J. A.; GONZÁLEZ REIMERS, E.; SANTOLARIA FERNÁNDEZ, F., et al.: «Niveles de 25 hidroxicolecalciferol en la cirrosis hepática alcohólica», *Endocrinología*, 34, 1987, 148-152.
9. LONG, R. G.; WILLS, M. R.; SKINNER, R. K. et al.: «Serum 25 hydroxyvitamin D in untreated parenchymal and cholestatic liver disease», *Lancet*, 2, 1976, 650-652.
10. ORTNER, D. J., y PUTSCHAR, W. G. J.: «Identification of pathological conditions in human skeletal remains», *Smithsonian contributions to Anthropology*, núm. 8, Smithsonian Institution Press, Washington, 1981.
11. DEQUEKER, J.: «Bone and ageing. Differentiation between physiological and pathological bone loss», *Excerpta Medica*, 25-26, 1973.
12. MEUNIER, P.; COURPRON, P.; EDOUARD, C., et al.: «Physiological senile involution and pathological rarefaction of bone», *Clin. Endocrinol. Metabol.*, 2, 1973, 239-256.
13. GARN, S. M.; ROHMANN, C. G.; WAGNER, B.: «Bone loss as a general phenomenon in man», *Federation Proc*, 26, 1967, 1729-1736.
14. MORGAN, D. B.; SPIERS, F. W.; PULVERTAFT, C. N.; FOURMAN, P.: «The amount of bone in the metacarpal and the phalanx according to age and sex», *Clin. Radiol.*, 18, 1967, 101-108.
15. OAKLEY, W. G.; PYKE, D. A.; TAYLOR, K. W.: «Etiología y anatomía patológica», en *Diabetes Mellitus: clínica y tratamiento*, Ed. Doyma, Barcelona, 1980, 27-43.



FIGURAS 1-3.—Preparaciones histológicas de muestras óseas sin decalcificar de habitantes prehistóricos de Gran Canaria.
(Azul de toluidina, 200x).

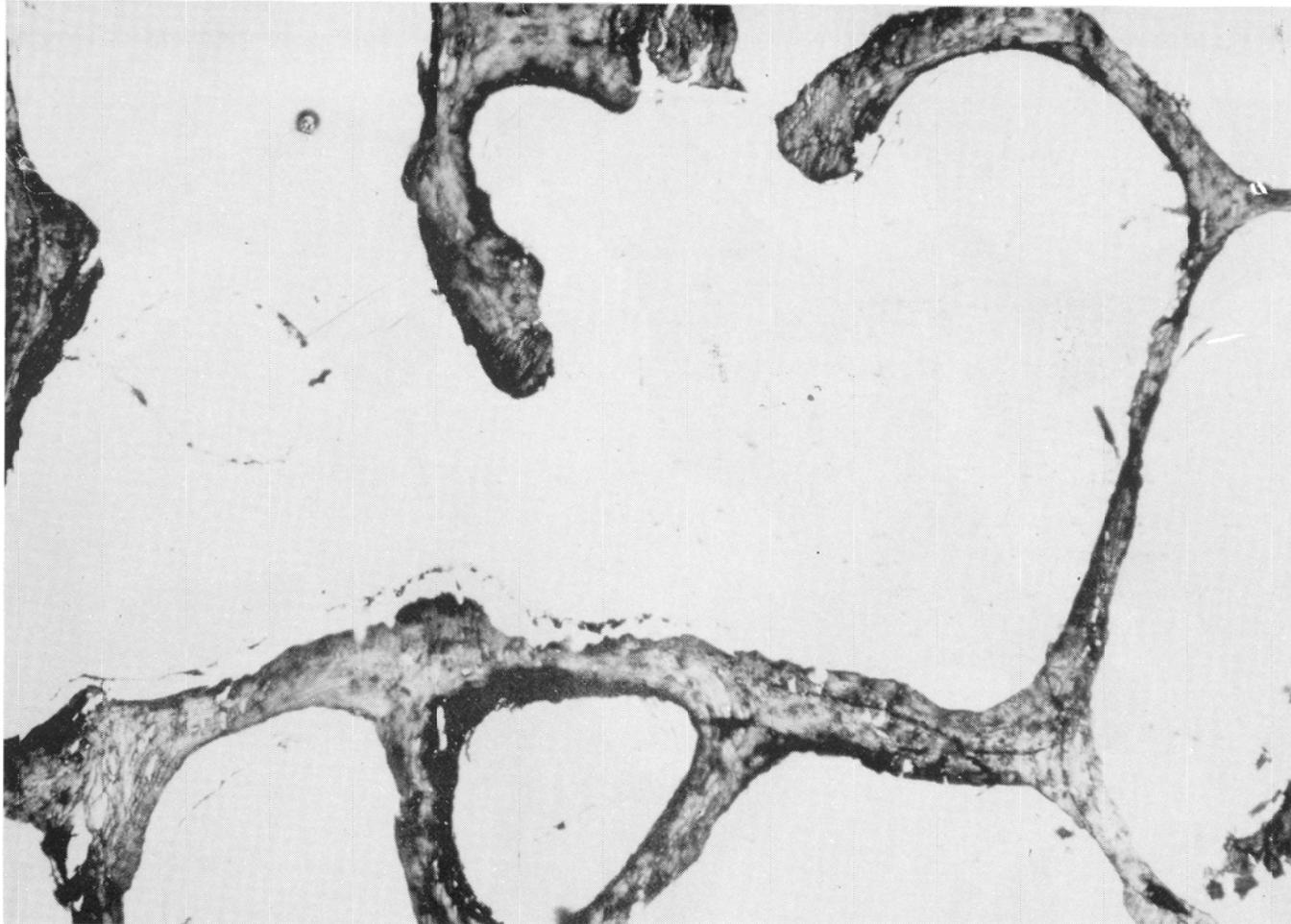


FIGURA 2.

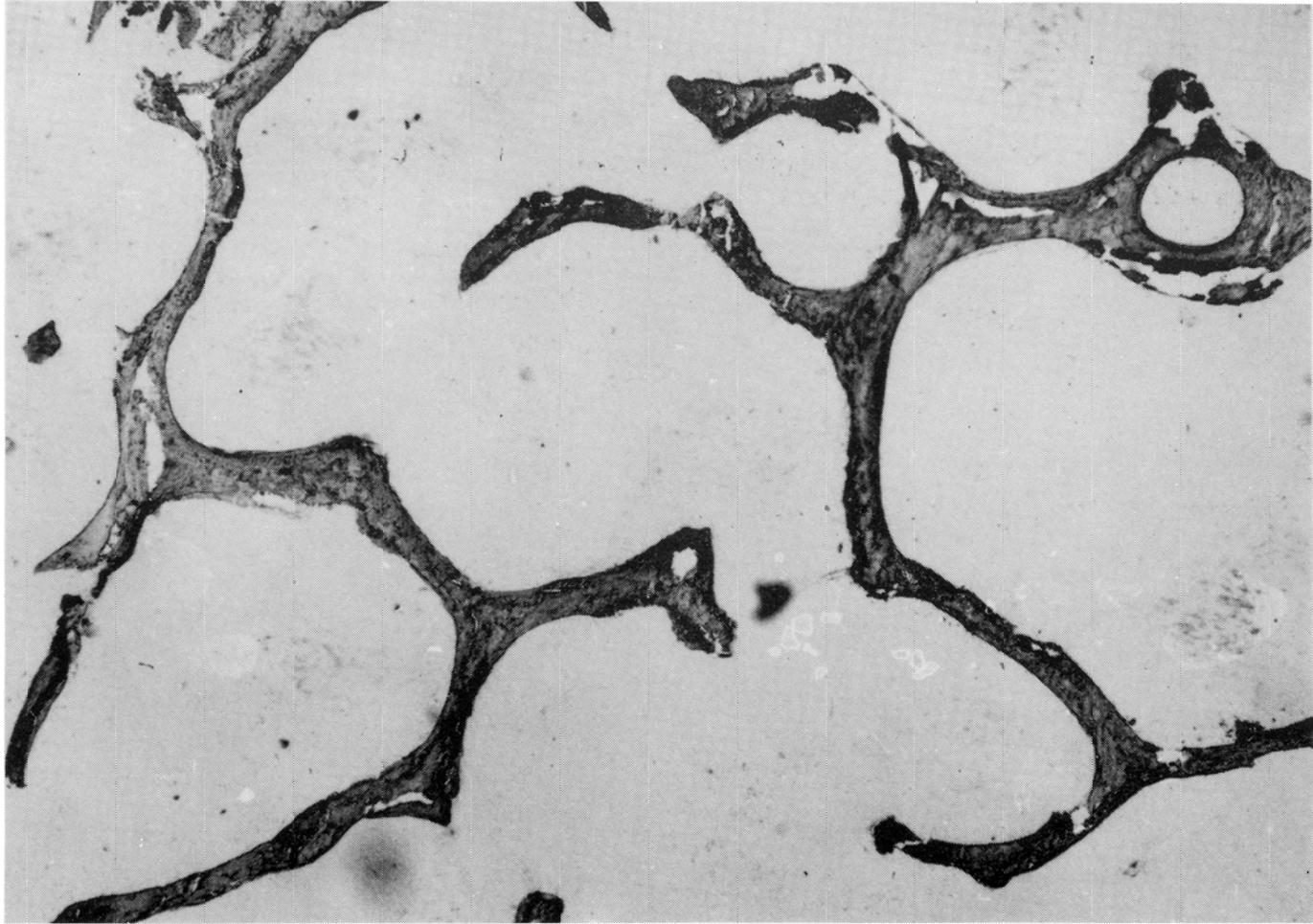


FIGURA 3.

16. BARNETT, E. C.; NORDIN, B. E. C.: «The radiological diagnosis of osteoporosis: a new approach», *Clin. Radiol.*, 11, 1960, 166-174.
17. JORGE HERNÁNDEZ, J. A.; GONZÁLEZ REIMERS, E.; SANTOLARIA FERNÁNDEZ, F., et al.: «Valoración de la atrofia ósea cortical: su utilidad en el diagnóstico de la osteoporosis asociada a la cirrosis hepática», *Rev. Clín. Esp.*, 182, 1988, 412-418.
18. TORRES, A.; LORENZO, V.; GONZÁLEZ POSADA, J. M.: «Comparison of histomorphometry and computerized tomography of the spine in quantitating trabecular bone in renal osteodystrophy», *Nephron*, 44, 1986, 282-287.
19. COURPRON, P.; MEUNIER, P.; BRESSOT, C.; GIROUX, J. M.: «Amount of bone in iliac crest biopsy. Significance of a trabecular bone volume. Its values in normal and in pathological conditions», *Proc. II International Workshop of Bone Histomorphometry*, Lyon, 1976, 39-54.
20. OLAH, A. J.: «Influence of microscopic resolution on the estimation of structural parameters in cancellous bone», *Proc. II International workshop of Bone histomorphometry*, Lyon, 1976, 55-62.
21. BIRKENHAGER-FRENKEL, D. H.; SCHMITZ, P. I. M.; BREULS, P.; LOCKEFEEER, J.; HEUL, R. O.: «Biological variation as compared to interobserver variation and intrinsic error of measurement, for same parameters, within single bone biopsies», *Proc. II International workshop of Bone Histomorphometry*, Lyon, 1976, 63-68.
22. VISSER, W. J.; NIERMANS, H. J.; ROELOFS, J.; RAYMAKERS, J. A.; DUURSMAN, S. A.: «Comparative morphometry of bone biopsies obtained by two different methods from the right and left iliac crest», *Proc. II International workshop of Bone Histomorphometry*, Lyon, 1976, 79-88.
23. CARLSON, D. S.; ARMELAGOS, G. S.; VAN GERVEN, D. P.: «Patterns of age-related cortical bone loss (osteoporosis) within the femoral diaphysis», *Human Biology*, 48, 1976, 295-314.
24. ERICKSON, M. F.: «Cortical bone loss with age in three native American populations», *Am. J. of Physical Anthropology*, 45, 1976, 443-452.
25. LANDEROS, O.; FROST, H. M.: «Comparison of amounts of remodelling activity in opposite cortices of ribs in children and adults», *J. Dental Research*, 45, 1966, 152-158.
26. SEDLIN, E. D.; FROST, H. M.; VILLANUEVA, A. R.: «Variations in cross section area of rib cortex with age», *J. of Gerontology*, 18, 1963, 9-13.
27. DEWEY, J. R.; ARMELAGOS, G. J.; BARTLEY, M. H.: «Femoral cortical involution in three archaeological populations», *Human Biology*, 41, 1969, 13-28.
28. MARTIN, D. L.; ARMELAGOS, G. J.: «Morphometrics of compact bone: an example from Sudanese Nubia», *Am. J. Physical Anthropology*, 51, 1979, 571-578.
29. WEINSTEIN, R. S.; SIMMONS, D. S.; LOVEJOV, C. O.: «Ancient bone disease in a peruvian mummy revealed by quantitative skeletal histomorphometry», *American Journal of Physical Anthropology*, 54, 1981, 321-326.

30. MIELKE, J. H.; ARMELAGOS, G. J.; VAN GERVEN, D. P.: «Trabecular involution in femoral heads of a prehistoric (X-Group) population from Sudanese Nubia», *American Journal of Physical Anthropology*, 36, 1972, 39-44.
31. ORTNER, D. J.: «Aging effects on osteon remodeling», *Calcified Tissue Research*, 18, 1975, 27-36.
32. ORTNER, D. J.; ENDT, D. W. VON: «Microscopic and electron microprobe characterization of the sclerotic lamella in human osteons», *Israel Journal of Medical Science*, 7, 1971, 480-482.
33. STOUT, S. D.; SIMMONS, D. J.: «Use of histology in ancient bone research», *Yearbook of Physical Anthropology*, 22, 1979, 228-249.
34. ABREU-GALINDO, J.: *Historia de la Conquista de las siete islas de Canaria*, Goya, Santa Cruz de Tenerife, 1960.
35. GONZÁLEZ REIMERS, E.; ARNAY DE LA ROSA, M., et al.: «High prevalence of osteoporosis in the prehispanic population of Canary Islands. An index of protein malnutrition?», *5th Congress of the European Anthropological Association*, Lisboa, 1986, 139 pp.
36. GONZÁLEZ REIMERS, E.; ARNAY DE LA ROSA, M., et al.: «Bone histology of the prehispanic inhabitants of Gran Canaria», *Journal of Paleopathology*, 2, 1988, 47-59.
37. ARNAY DE LA ROSA, M.; GONZÁLEZ REIMERS, E., et al.: «Bone strontium content in the prehispanic population of the Canary Islands», *International Journal of Anthropology*, 3, 1987, 193-198.
38. GONZÁLEZ REIMERS, E.; ARNAY DE LA ROSA, M., et al.: «Oligoelementos y masa ósea de los habitantes prehistóricos de las Islas Canarias: consideraciones acerca del régimen dietético de los mismos», *V Congreso Español de Antropología Biológica*, León, 1987, 50 pp.
39. UNDERWOOD, E. J.: *Trace elements in human and animal nutrition*, Academic Press, New York, 1977.
40. PRASAD, A. S.; OBERLEAS, D.: *Trace elements in human health and disease*, Academic Press, New York, 1976.
41. BOWEN, H. J. M.; DYMOND, J. A.: «Strontium and barium in plants and soils», *Proc. Roy. Soc., Sec. B*, 144, 1955, 355-376.
42. ZURER, P. S.: *Archaeological Chemistry*, C&EN, 1983, 26-42.
43. GILBERT, R. I.: «Stress, paleonutrition, and trace elements», en R. I. GILBERT y J. H. MIELKE (ed.): *The Analysis of prehistoric diets*, Academic Press, Orlando, 1985.
44. KARCIOGLU, Z. A., y SARPER, R. F.: *Zinc and Copper in Medicine*, C. C. Thomas, Springfield, 1980.
45. ROZMAN, C.; MONTSERRAT, E.: «Hematología», en P. FARRERAS VALENTÍ y C. ROZMAN: *Medicina Interna*, Doyma, Barcelona, 1988, 1459-1498.
46. TANAKA, G. I.; KAWAMURA, H.; NOMURA, E.: «Distribution of Strontium in the skeleton and in the mass of mineralized bone», *Health Physics*, 40, 1981, 601-614.

47. PRICE, T. D.: *Diagenesis of Strontium and other elements in archaeological bone*, Capetown on Archaeological bone Chemistry, junio 1988.
48. PARKER, R. B.; TOOTS, H.: «Minor elements in fossil bone», *Geological Society of America Bulletin*, 81, 1970, 925-932.
49. LAMBERT, J. B.; SZPUNAR, C. B.; BUIKSTRA, J. E.: «Chemical analysis of excavated human bone from middle and late woodland sites», *Archaeometry*, 21, 1979, 115-129.
50. BECKER, R. O.; SPADARO, J. A.; BERG, E. W.: «The trace of human bone», *The Journal of bone and Joint Surgery*, 50, 1968, 326-334.
51. PRICE, T. D.; KAVANAGH, M.: «Bone composition and the reconstruction of diet: examples from the midwestern United States», *Midcontinental Journal of Archaeology*, 7, 1982, 62-79.
52. SZPUNAR, C. B.; LAMBERT, J. B., y BUIKSTRA, J. E.: «Analysis of excavated bone by atomic absorption», *Am. J. Phys. Anthropol.*, 48, 1978, 199-202.
53. TOOTS, J.; VOORHIES, M. R.: «Strontium in fossil bones and the reconstruction of food chains», *Science*, 149, 1965, 854-855.
54. SCHOENINGER, M. J.: «Diet and status at Chalcatzingo: some empirical and technical aspects of strontium analysis», *Am. J. Phys. Anthropol.*, 51, 1979, 295-310.
55. GONZÁLEZ REIMERS, C. E.; ARNAY DE LA ROSA, M.: «Biomedical analysis of prehispanic human remains from the Canary Islands», in *Archaeological Ethics and the treatment of death*, South Dakota University, Vermillion, 1989, 13-26.
56. MORALES PADRÓN, F.: *Crónicas de su Conquista*, Las Palmas de Gran Canaria, 1978.
57. VAN DER MEERVE, N. J.: «Carbon Isotopes, Photosynthesis and Archaeology», *American Scientist*, 70, 1982, 596-605.
58. HARSTOF, C. A.; DE NIRO, M. J.: «Reconstruction of prehistoric plant production and cooking practices by a new isotopic method», *Nature*, 315, 1985, 489-491.