

González-Reimers, E. (2008). 1. Paleodieta y paleonutrición. En Afonso-Carrillo, J. (Ed.), *Naturaleza amenazada por los cambios en el clima*. pp. 9-41. Actas III Semana Científica Telesforo Bravo. Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias. ISBN: 978-84-612-6456-8.

1. Paleodieta y paleonutrición

Emilio González-Reimers

Catedrático de Medicina Interna, Universidad de La Laguna, Tenerife.

Telesforo Bravo fue ante todo un amante de la Naturaleza. Conocedor de las rocas y de la orogénesis, testigo del nacimiento de volcanes (como el San Juan o el Teneguía) y de su colapso (como el del lejano St Helen), comprendió muy bien que los tiempos geológicos, aunque a veces instantáneamente cataclísmicos, nada tienen que ver con los tiempos humanos, como tampoco es comparable su potencia devastadora, sus efectos sobre el paisaje, el clima, la vida del hombre. Probablemente el guanche también tuvo oportunidad de ver alguna erupción, quizás incluso alguna erupción gigante, que le hizo comprender, tal vez mejor que a nosotros, qué lugar ocupaban en su mundo. No podemos conocer –podemos fantasear, intuir, pero no conocer– lo que el guanche pensó en aquel momento o el impacto que tuvo sobre sus creencias, sobre sus costumbres: de su cultura ancestral quedan apenas unos cuantos artefactos y sus restos esqueléticos. Tal vez parezca poco para reconstruir su mundo, pero de su análisis podemos extraer valiosa información. Por eso nos centraremos en esta breve revisión en la descripción de algunas alteraciones presentes en el esqueleto que pueden informarnos acerca de su estado nutricional y de la dieta que consumieron. Por motivos de extensión no podemos exponer en profundidad todas ellas; por eso sólo citaremos de pasada algunas, como hipoplasias del esmalte o el estudio de los oligoelementos óseos, y analizaremos algo más en detalle qué información puede aportar el estudio de la masa ósea.

Sirva además la misma como homenaje a Telesforo: aunque no participó en este tipo de estudios, sí que nos inculcó, junto a Celestino González Padrón y a Sventenius, el amor a la

Naturaleza y el aprender a observarla, buscando información en lo visible y en lo que está más allá de lo visible.



Telesforo Bravo, siempre enseñando, esta vez durante la excavación del depósito funerario infantil de la Montaña Cascajo en 1977.

Dieta y nutrición

Debemos diferenciar ambos conceptos. **Dieta** es lo que ingerimos, mientras que **nutrición** es un estado fisiológico caracterizado por la normalidad de parámetros antropométricos y distribución de compartimentos corporales (masa magra, grasa, proteínas viscerales). Estos tres compartimentos son metabólicamente activos y están en equilibrio entre sí. El estado nutricional va a condicionar nuestra capacidad para responder a una infección u otro problema orgánico importante, incluyendo, por ejemplo, un ayuno prolongado, o una relativa escasez de recursos. Por otro lado, la obesidad acarrea también una serie de riesgos para la salud como hipertensión, diabetes, enfermedad cardiovascular o cáncer. Por eso, porque es la situación que se asocia a la mayor supervivencia, se ha definido el concepto de peso ideal, o mejor, índice de masa corporal [peso en kg dividido por la talla (en metros) al cuadrado] óptimo, cuyo valor está entre 20 y 25 kg/m².

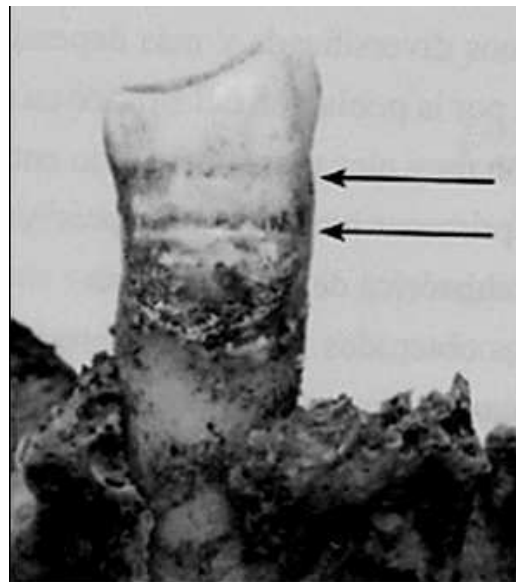
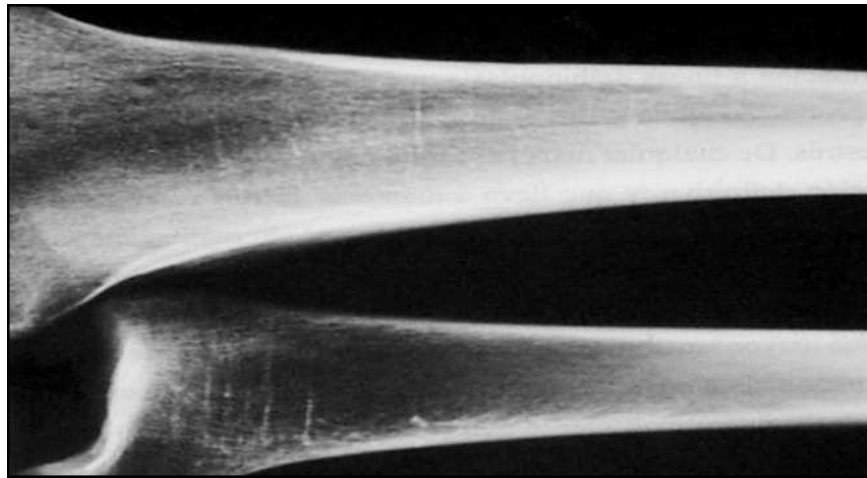
No es pertinente que hablemos aquí de los cambios metabólicos que tienen lugar en un proceso agudo, intenso y de corta duración: se acompañan de intensas alteraciones analíticas y de un perfil hormonal concreto que queda un poco al margen de lo que vamos a tratar. Más bien queremos centrarnos en los mecanismos adaptativos que se ponen en marcha cuando un individuo se enfrenta a una situación más o menos crónica de desequilibrio entre aporte de nutrientes y gasto calórico.

Adaptación al ayuno

En situaciones de precariedad (desequilibrio entre aporte y consumo), hay prioridades metabólicas tales como producción de glucosa (combustible imprescindible para determinadas células del organismo), síntesis de factores de coagulación (sin los que sufriríamos hemorragia incoercible ante el mínimo traumatismo, incluso el caminar), síntesis de proteínas de transporte (de hormonas, vitaminas, etc.), o síntesis de reactantes de fase aguda (imprescindibles para combatir los gérmenes que invaden constantemente nuestro organismo; por ejemplo, al masticar pueden entrar hasta 100.000 bacterias al torrente sanguíneo). El hígado se encarga de la síntesis de todas estas sustancias prioritarias, sirviéndose para ello de los aminoácidos disponibles, que, por lo tanto, no se utilizan para otros fines. Todo este proceso está finamente regulado por un eje hormonal complejo.

No quedan pues aminoácidos disponibles para la síntesis de otras proteínas. Así, vemos como la masa muscular del individuo decrece, su piel pierde elasticidad, cae el cabello, se alteran las uñas y el hueso. Se comprende con facilidad que todas estas alteraciones son más evidentes si el

compromiso entre aporte y demanda de nutrientes tiene lugar durante el periodo de crecimiento.



Efectos de la malnutrición sobre los tejidos duros. En la imagen superior se aprecian dos tibias con líneas transversales radioopacas (líneas de Harris). En la figura inferior se aprecia la impronta de la malnutrición en el diente (flechas), en forma de bandas de hipoplasia.

¿Por qué se afecta el hueso?

Es necesario recordar brevemente algunos conceptos básicos sobre el metabolismo óseo para así entender sus alteraciones durante la malnutrición. El tejido óseo está compuesto por sales de fosfato cálcico (predominante, en un 85%; también carbonato cálcico (10%), fluoruro cálcico y fosfato magnésico) dispuestas sobre una matriz proteica rica en

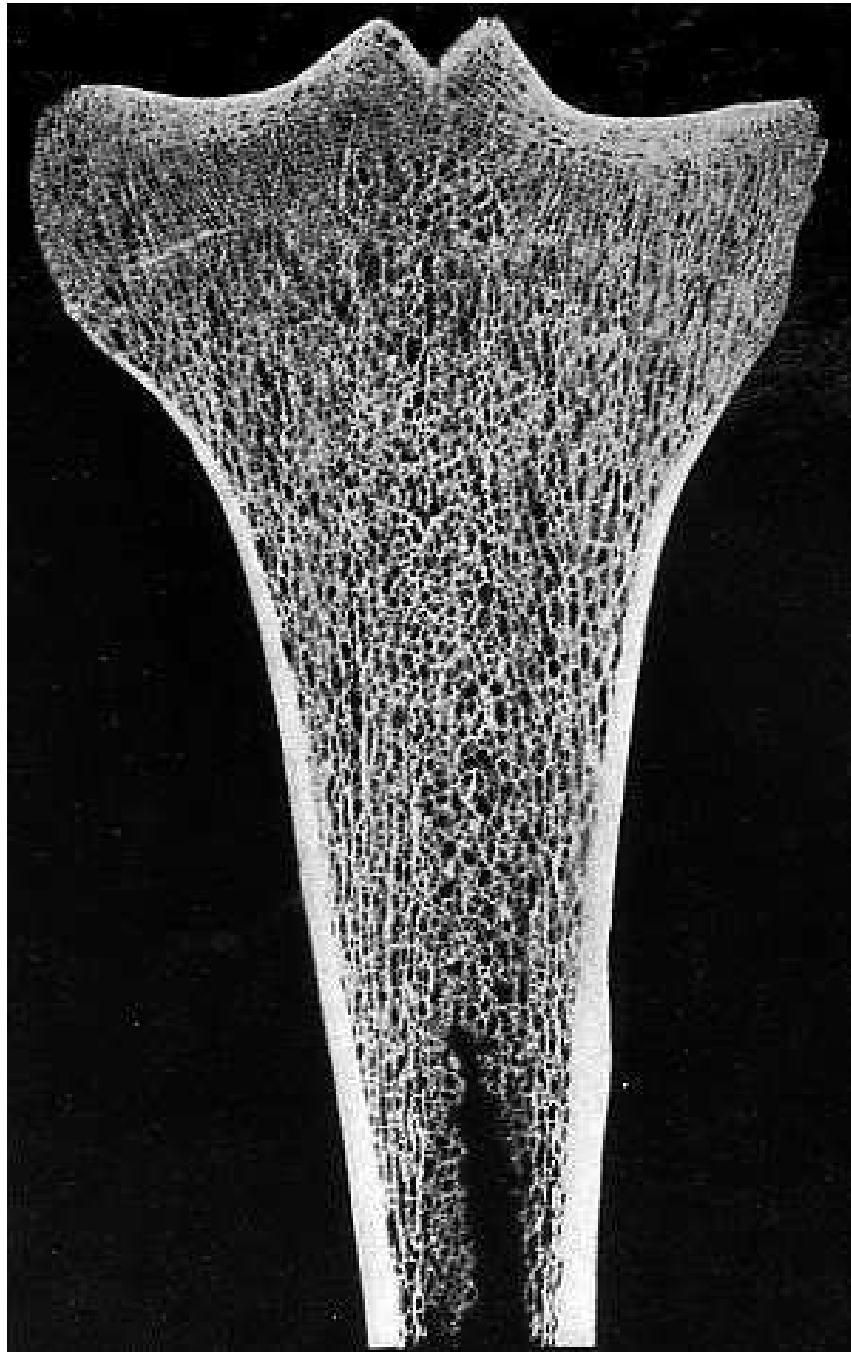
fibras colágenas denominada **osteoides**. La conjunción de estructuras minerales y estructuras orgánicas confiere al hueso sus especiales características de rigidez, y su capacidad de resistencia a la torsión, presión, flexión y tracción, a las que está continuamente sometido por el hecho de caminar, o simplemente, por el hecho de tener que vencer la fuerza gravitatoria. Pero el hueso no cumple sólo una función de sostén: es una estructura metabólicamente activa, en constante equilibrio con el medio interno, ya que es el principal reservorio de calcio y de fósforo, y la principal reserva alcalina del organismo. Consideremos en este sentido que el mantenimiento a corto plazo del producto calcio-fosfórico se debe a la inmediata precipitación o disolución de sales de fosfato cálcico en los capilares óseos (donde están en equilibrio metaestable), que permite la corrección inmediata de pequeñas oscilaciones de cualquiera de los dos elementos. O, por ejemplo, cómo gracias al tampón óseo no se agota totalmente el bicarbonato en la insuficiencia renal crónica, a pesar de que el riñón insuficiente es incapaz de eliminar todos los ácidos derivados del metabolismo. Además, cuantitativamente, el hueso constituye una reserva proteica importante: un 20% del peso del hueso está formado por agua, pero un 26-27% del peso seco está constituido por proteínas, un 95% de las cuales es colágena.

Para cumplir su función metabólica el hueso está continuamente **remodelándose**, es decir, destruyéndose en unos sitios (reabsorción) y formándose en otros. Durante el periodo de desarrollo, el hueso crece en longitud y anchura, adquiriendo una configuración propia para cada hueso (y para cada especie); domina durante ese periodo la síntesis sobre la reabsorción. Una vez **modelado** el hueso y terminado, el **crecimiento** continúa durante algunos años, inclinándose la balanza a favor de la síntesis, con lo que la masa ósea aumenta progresivamente hasta alcanzar su pico máximo, alrededor de los 30-35 años para el hueso cortical (formado por tejido óseo compacto) y probablemente antes para el hueso trabecular o esponjoso (con el tejido óseo dispuesto en trabéculas que delimitan cavidades). Las diferencias entre el hueso cortical y el hueso trabecular se pueden observar en la figura de la página 14.

A partir de ahí se produce un descenso progresivo. Tanto la adquisición del pico de masa ósea como la tasa de pérdida ulterior dependen de diversos factores, alguno de los cuales analizaremos después.

Así pues, crecimiento, modelado y remodelado incluyen dos procesos opuestos: síntesis y reabsorción. La síntesis ósea es llevada cabo por células especializadas, los osteoblastos, quienes producen primero el osteoide y promueven luego, sobre el mismo, el depósito de fosfato cálcico en forma de cristales de hidroxapatita, es decir, la mineralización de este osteoide. La reabsorción ósea la llevan a cabo otras células especializadas, los osteoclastos, capaces de “disolver” el tejido óseo. No obstante, osteoclastos

y osteoblastos no son células de función antagónica: existen complejas interacciones entre ambas estirpes, y es más, el osteoblasto secreta productos, cuyo análisis detallado no procede en esta revisión, que promueven la diferenciación de progenitores del osteoclasto hacia células maduras.



Corte longitudinal de tibia donde se aprecia el hueso cortical compacto y el esponjoso o trabecular.

Estatura

Si bien el modelado está controlado por factores genéticos, es obvio que durante la fase de crecimiento predomina la síntesis sobre la destrucción ósea. Y es por eso por lo que la talla depende en parte de la disponibilidad de suficientes nutrientes para que tenga lugar la síntesis y su posterior mineralización (Silventoinen, 2003).

La estatura puede calcularse a partir de huesos largos con bastante precisión (Ubelaker, 1989). Diversos investigadores han abordado el tema. Son clásicas las observaciones de Verneau (1887), quien encontró una estatura de 170 cm en hombres y de 153 cm en mujeres prehispanicas de Canarias, y las de Hooton (1925), quien reportó 166 cm en hombres y 154 cm en mujeres. Más tarde, Schwidetzky, en 1963, encontró 164.2 cm en hombres y 151.9 cm en mujeres, mientras que García Talavera, en 1992, refirió, para la población de Tenerife, una estatura de 170.5 cm en hombres y de 156.7 cm en mujeres, aunque no se especificó el método utilizado para estimar el sexo.

A partir de 256 tibias de Gran Canaria hemos obtenido, utilizando las fórmulas de Trotter y Gleser (Ubelaker, 1989), y clasificando la muestra en varones y mujeres a partir de funciones discriminantes (González-Reimers *et al.*, 2000) unos valores de 170.81 ± 5.18 cm en 173 hombres y 157.95 ± 4.25 en 86 mujeres. La población masculina de Gran Canaria presentaba una talla estimada ligeramente superior (170.81 ± 5.18 cm) a la de 15 varones de Tegueste (Tenerife) (168.95 ± 5.23), aunque las diferencias no fueron significativas ($t=1.38$). En cambio, la población femenina de Gran Canaria sí era significativamente más elevada (158.01 ± 4.49) que la de 11 mujeres de Tegueste, en Tenerife (154.47 ± 5.23 , $t=2.84$, $p=0.006$).

No obstante, hay que tener cautela a la hora de interpretar los valores referentes a la talla del habitante prehispanico de las islas. Aunque en la talla influyen fuertemente factores genéticos, no es aconsejable establecer una comparación con la talla de poblaciones actuales, puesto que en general, la talla del ser humano moderno es cada vez mayor, y no podemos olvidar que estamos considerando una población cuya antigüedad es superior, como mínimo, a 500 años. Sí que es de sumo interés comparar la talla de los habitantes prehispanicos con la de otras poblaciones de similar antigüedad (por ejemplo, castellanas, andaluzas, bereberes o germánicas), y dentro de las islas, buscar diferencias entre grupos poblacionales. Por ejemplo, los datos preliminares de Gran Canaria sugieren que la población inhumada en túmulos tenía una estatura superior a la inhumada en cuevas.

Osteoporosis

La masa ósea presente en cada momento es el resultado de tres factores: de la magnitud del pico de masa ósea alcanzado y de los pesos relativos de la síntesis y de la destrucción ósea. El pico de masa ósea es variable según la raza, siendo mayor en la raza negra. Entre otros factores, se sabe que la ingestión de calcio durante el desarrollo influye sobre el pico de masa ósea, al igual que el ejercicio físico (Smith y Gilligan, 1991), la disponibilidad de vitamina D en su forma activa, el tipo de dieta (Parsons *et al.*, 1997; Schurch *et al.*, 1998) y el estado nutricional (Ilich *et al.*, 1998).

Hasta los 35-40 años, la masa ósea permanece más o menos estable, luego se pierde a razón de un 0.3-0.5% año. Estos datos se refieren sobre todo al hueso cortical, pero todo eso ocurre probablemente antes y de forma más acusada en el hueso trabecular (ver figura página 14). A esto se suma una pérdida acelerada de masa ósea en la mujer en el periodo postmenopáusico, que dura varios años, para lentificarse de nuevo más tarde. Así, la pérdida acumulada de masa ósea a lo largo de la vida puede alcanzar un 20-30% en el varón y un 40-50% en la mujer. Esta pérdida no es uniforme, ni en relación al territorio óseo ni al sexo. Es mayor en metacarpianos, cuello femoral y cuerpos vertebrales, que en la diáfisis femoral, tibia o cráneo. En la mujer, además de en columna y cadera, la pérdida de masa ósea es particularmente ostensible en región distal de radio y hueso esponjoso vertebral, donde afecta sobre todo a las trabéculas horizontales. También la pérdida de masa ósea es más marcada en la región subendosteal del hueso cortical (o sea, la que rodea la médula ósea), con lo que paulatinamente se ensancha la cavidad medular y se adelgaza la corteza.

Son múltiples los factores que aceleran la pérdida de masa ósea (Eriksen y Langdahl, 1997). El encamamiento y la ingravidez pueden provocar una pérdida de masa ósea de un 1% mensual. Algo similar ocurre por el desuso muscular: la actividad muscular es un determinante de primer orden de la masa ósea (Duppe *et al.*, 1997). La restricción dietética, la dieta escasa en calcio o proteínas (Bourrin *et al.*, 2000), o exclusivamente basada en ellas, el exceso de consumo de grasas, la falta de ejercicio o el déficit nutricional influyen sobre la tasa de pérdida de masa ósea. Influyen también factores hormonales. Así, el hipertiroidismo, el hipercortisolismo y el hiperparatiroidismo son potentes inductores de reabsorción ósea excesiva; mientras que los andrógenos, y sobre todo los estrógenos, ejercen un efecto protector. Además, la actividad osteoclástica y osteoblástica, es decir, la reabsorción y la síntesis de hueso, se ve influida por los mediadores inflamatorios (citocinas) que son liberadas durante la reacción del organismo frente a una agresión (bacteriana o traumática) aguda (reacción de fase aguda). Así, se sabe que sustancias como la interleucina-1 ó el factor de necrosis tumoral, entre otras, son potentes activadoras del osteoclasto.

La progresiva pérdida de masa ósea provoca que en un determinado momento el hueso no pueda ejercer adecuadamente la función de sostén que debe afrontar; entonces se producen fracturas de manera espontánea o después traumatismos mínimos. Algunos autores restringen la definición de osteoporosis sólo para esas situaciones en las que el descenso de la masa ósea es de tal magnitud que provoca fractura “espontánea”. El nivel de reducción de la masa ósea necesario para que aparezca una fractura tras un traumatismo mínimo es variable, ya que aparte de la cantidad, existe un componente de calidad de la estructura ósea, es decir, de la conexión de las trabéculas entre sí y de su organización espacial. La absorciometría por rayos X de doble energía (DEXA) es una técnica capaz de estimar la densidad mineral ósea (BMD) y resulta un excelente indicador del riesgo de fractura (Marshall *et al.*, 1996). Por eso se define osteoporosis por DEXA como la disminución de la BMD 2.5 desviaciones estándar por debajo del valor medio ajustado a edad y sexo.

Etiología de la osteoporosis

Las causas por las cuales se desarrolla la osteoporosis pueden resumirse en la siguiente clasificación etiológica:

En primer lugar hay casos idiopáticos, es decir, de irrupción espontánea o de causa desconocida. Aquí se distinguen la *osteoporosis idiopática juvenil y del adulto*, la *osteoporosis idiopática tipo I* (propia de mujeres de 51 a 70 años, que muestran sobre todo una pérdida acelerada de hueso trabecular, con alto riesgo de fractura de vértebras y de radio distal, hipofunción paratiroidea y descenso de la forma activa de la vitamina D), y *osteoporosis idiopática tipo II* (sobre todo asociada a individuos de ambos sexos mayores de 70 años, que se asocia a fracturas de cuello femoral, cabeza humeral, tibia y pelvis, que afecta por igual a hueso cortical y trabecular, cursa con aumento de PTH y descenso de 1.25 dihidroxivitamina D₃). Si bien la primera de estas tres formas es muy rara, las otras dos son frecuentes y constituyen la inmensa mayoría de los casos de osteoporosis.

En las *osteoporosis secundarias*, como antes comentamos, son muchos los factores que influyen en la pérdida de masa ósea, por lo que hipogonadismo, hipercortisolismo, hipertiroidismo, hiperparatiroidismo, malnutrición calórico-proteica, déficit de calcio, situaciones de malabsorción e inmovilización prolongada, se asocian a osteoporosis. También lo hacen alteraciones congénitas o adquiridas de la síntesis de la estructura ósea, como la osteogénesis imperfecta, la homocistinuria, el síndrome de Marfan y el de Ehlers-Danloss, o el síndrome de Menkes por

déficit de cobre, y el escorbuto, por déficit de vitamina C, ambos asociados a defectuosa formación de las fibras colágenas.

Algunos tóxicos como el alcohol, o fármacos como la heparina, se asocian también a osteoporosis, al igual que entidades como la artritis reumatoide, la epilepsia o la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, y rarezas como la mastocitosis sistémica o la hipofosfatasa del adulto. Esta clasificación parcialmente sindrómica engloba muchos procesos, algunos relativamente comunes, como la diabetes (la tipo 1) o el alcoholismo, pero que a lo sumo tienen consecuencias clínicamente relevantes en menos de un 3-5% de la población.

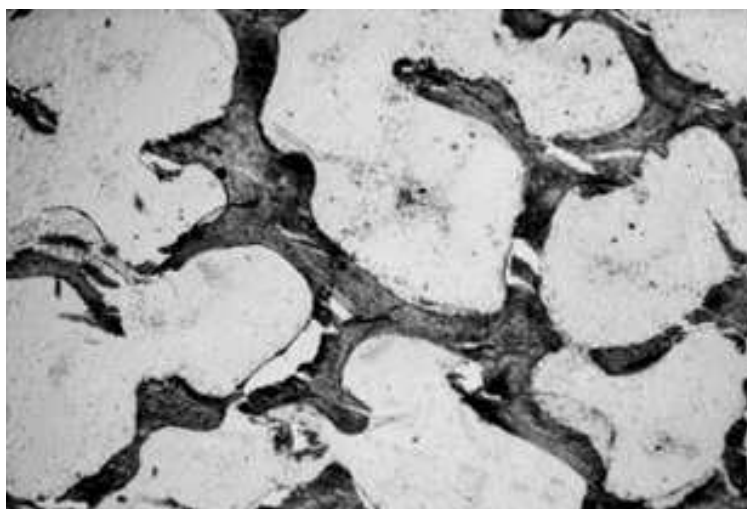
Por lo tanto, en edades juveniles y en mujeres premenopáusicas, la osteoporosis puede considerarse una entidad rara y casi siempre secundaria, al revés de lo que ocurre en la senilidad y en la mujer postmenopáusica, colectivo en el que es muy frecuente. Desde luego, en el mundo desarrollado en el que la diabetes tipo 1 se trata con insulina y no existe prácticamente la malnutrición por falta de ingesta, la presencia de osteoporosis en edades juveniles obedece sobre todo a síndromes malabsortivos con malnutrición secundaria. Ocurre entonces lo que comentábamos antes al referirnos a la adaptación al ayuno: el hígado utiliza cualquier aminoácido disponible para la síntesis de proteínas esenciales, por lo que no quedan suficientes para que el hueso forme osteoide, por lo que se desacopla el ciclo del remodelado (síntesis-reabsorción).

Métodos diagnósticos

Existen varios métodos para diagnosticar esta entidad. Ya que se trata de cuantificar la masa ósea, el más directo e invasivo es determinarla histomorfométricamente en muestras óseas sin decalcificar, midiendo directamente el volumen óseo trabecular (VOT). Para ello es necesario obtener un pequeño fragmento de hueso para realizar las secciones del tejido que se observarán al microscopio, como en la figura de la página 19.

Considerado el “patrón oro” durante largo tiempo, la masa ósea debe determinarse preferentemente en un hueso no de carga, a fin de aminorar este efecto en la interpretación del resultado. Por eso, se eligieron las costillas o la cresta iliaca anterosuperior en las caderas. El método es invasivo (destrutivo en el caso de muestras óseas antiguas) y no exento de complicaciones potencialmente peligrosas (como osteomielitis), laborioso y necesitado de una infraestructura no siempre disponible en todos los laboratorios. Por eso se desarrollaron métodos alternativos, como la fotodensitometría radiográfica mediante un densitómetro lumínico que compara la densidad radiológica ósea con la de un patrón conocido. Es de

menor utilidad en el vivo que en el hueso seco, pues los tejidos blandos atenúan de forma variable el haz de rayos, pero exige una constancia en las condiciones técnicas. La fotodensitometría puede emplearse, también, de forma semicuantitativa, valorando la radiotransparencia, o, en el caso de las vértebras, por ejemplo, la pérdida progresiva de la trabeculación. Afín a esta última forma de evaluar la osteoporosis es el denominado “índice de Shing”, en el que se valora de forma semicuantitativa la trabeculación del cuello de fémur en siete estadios, pero es poco preciso y no es útil para la predicción de fractura. Similar valor tiene el estudio radiológico del calcáneo.



Preparación histológica (tinción con azul de toluidina) donde se aprecian trabéculas bien conservadas.

Un valor parecido lo tienen los índices derivados del colapso vertebral. Compuesta de hueso trabecular en su mayoría, la vértebra es una diana frecuente de la fractura osteoporótica, hundiéndose los platillos vertebrales y apareciendo la denominada configuración en pez. Así, hay varios índices que relacionan la altura en la región media de la vértebra con la anterior en una placa lateral de columna, o la altura de los cuerpos vertebrales en su región central con la altura de los discos intervertebrales, o índices basados en la deformidad vertebral. Todos ellos poseen valor clínico, pero detectan, por lo general, sólo grados avanzados de osteoporosis.

Otros métodos derivados de la radiología simple son los basados en el adelgazamiento cortical, que como señalamos, constituye un fenómeno relevante de la pérdida de masa ósea. El empleo in vivo de índices córticomedulares (CI) de los huesos largos tropieza con la dificultad de que el grosor cortical es diferente al proyectarse el hueso en diferente posición,

y que ésta va a venir predeterminada por la función de los grupos musculares que se insertan en dicho hueso largo, por lo que la uniformidad de criterios puede verse comprometida. Por eso, en clínica se eligió un hueso de la mano, al segundo metacarpiano. Es importante considerar que en los estudios de huesos secos el inconveniente de la posición no uniforme del hueso largo no existe, obviamente.

Los métodos absorciométricos se basaron en principio en la absorción de un haz de radiación fotónica (gamma, en general derivada del yodo 125 o americio 231) por el tejido óseo; dado que los tejidos blandos podían interferir, y que éstos pueden ser variables en cantidad, se eligió la muñeca o zona distal del radio para este tipo de estudios, ya que en esa zona la cantidad de tejido blando no presenta grandes variaciones interindividuales. La absorciometría fotónica dual, al emplear dos distintas energías, permite separar la atenuación debida a los tejidos blandos de la debida al tejido óseo.

Las técnicas de absorciometría fotónica pronto se vieron desplazadas por la DEXA (Blake *et al.*, 1997), en la que un haz de rayos X de alta energía apenas atenuado por los tejidos blandos y un haz de baja energía permiten el cálculo de la atenuación debida al hueso con independencia de la cantidad de tejido blando presente. Es la técnica usual actualmente, y predice fielmente el riesgo de fractura osteoporótica.

También es una técnica altamente reproducible y fiable la tomografía computadorizada cuantitativa (TAC), habitualmente realizada en una vértebra lumbar. Sin embargo, es un método más caro que el anterior, por lo que hoy está en desuso.

Estos dos métodos absorciométricos comentados tienen, a priori, un inconveniente teórico a la hora de su aplicación al estudio de huesos secos en los que falta el almohadillado formado por los tejidos blandos. Podría obviarse sumergiendo las muestras en una cubeta con agua, pero el hueso esponjoso atrapa burbujas de aire que no desaparecen incluso tras inmersión prolongada (cerca de 2 horas, como hemos comprobado con huesos cedidos amablemente por el Dpto. de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de La Laguna). Tal vez este problema podría obviarse introduciendo al hueso en una cámara con agua conectada a un sistema de presión negativa, pero la complejidad del sistema sería grande, aparte de someter la muestra arqueológica a unas condiciones no totalmente inocuas.

Sin embargo, el hueso seco, pero no el de un paciente, es susceptible de ser pesado, y puede calcularse su peso específico, determinando su volumen, por ejemplo, por técnicas de desplazamiento volumétrico. La utilidad de la ecografía del calcáneo se ha constatado repetidamente en estudios clínicos modernos, aunque que sepamos no se ha aplicado al estudio de poblaciones antiguas.

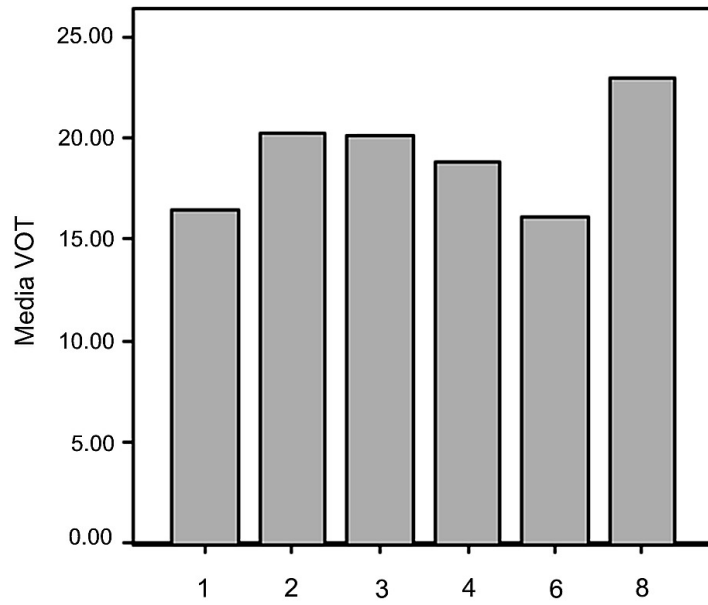
Masa ósea en la población prehispánica de Canarias

Diversos investigadores (Agarwal y Grynpass, 1996; Bennike y Bohr, 1990; Bennike *et al.*, 1993; Dewey *et al.*, 1969; Eriksen, 1976; Farquharson *et al.*, 1997; Hammerl *et al.*, 1991; Huss-Ashmore, 1978; Kneissel *et al.*, 1994; Lees *et al.*, 1993; Martin *et al.*, 1985; Pfeiffer, 2000) han aplicado alguna(s) de las técnicas descritas al estudio de la masa ósea de poblaciones pasadas. Nosotros, desde hace algunos años (González-Reimers *et al.*, 1988; González-Reimers y Arnay de la Rosa, 1992; González-Reimers *et al.*, 1998; Velasco-Vázquez *et al.*, 1999; González-Reimers *et al.*, 2007), las hemos venido aplicando al estudio de las poblaciones canarias prehispánicas, habiendo determinado la masa ósea por métodos histológicos, densitométricos y fotodensitométricos en unas 400 muestras en total (en pelvis y tibia derecha, la mayoría de ellas de Gran Canaria), así como la prevalencia (número de casos de una enfermedad en un momento determinado) de fractura vertebral en muestras de El Hierro (González-Reimers *et al.*, 2005).

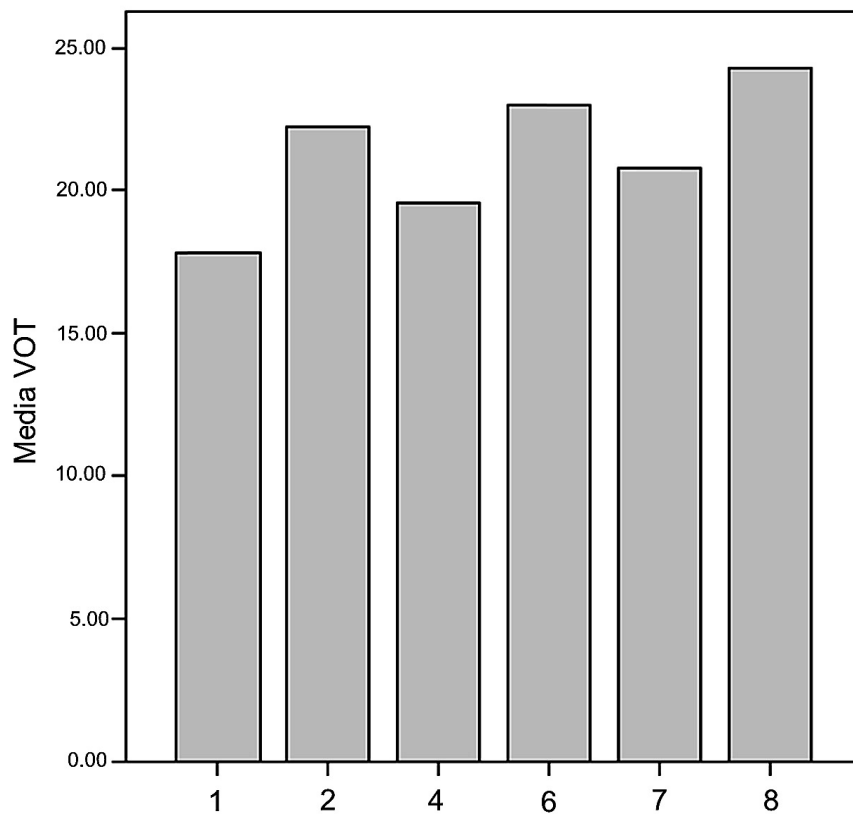
Del total de muestras estudiadas hemos encontrado los siguientes resultados que están representados gráficamente en las figuras de la página 22.

Las pelvis de Gran Canaria mostraron unos valores medios de volumen óseo trabecular (VOT) de $15.91 \pm 4.91\%$, muy por debajo de los valores del grupo control ($t=2.36$, $p<0.02$). No se encontraron diferencias entre hombres y mujeres, entre habitantes de costa y cumbre, o entre restos momificados y no momificados. La prevalencia global de osteoporosis (estableciendo como límite un valor inferior a dos desviaciones estándar por debajo de la media de diversos estudios llevados a cabo por distintos autores en poblaciones modernas de 20 a 59 años, incluyendo nuestra serie) fue del 29%. La distribución de los valores de VOT fue heterogénea, con muchos individuos con bajos niveles de VOT y un apreciable porcentaje con niveles de VOT por encima del 24%, es decir, plenamente en el rango de la normalidad, incluso en los límites altos de la normalidad.

La prevalencia de osteoporosis en las escasas muestras de pelvis analizadas procedentes de las islas occidentales fue variable. Así los valores de 11.11% obtenidos para Tenerife y 12.5% para El Hierro, fueron bajos (en realidad, sólo un caso en cada isla mostró disminución en la densidad mineral ósea con un VOT francamente osteopénico). En cambio, en las 13 muestras estudiadas de La Palma se encontraron 4 individuos osteoporóticos, con una prevalencia del 30.77%. También se encontró un único caso de osteoporosis en la corta serie de pelvis analizadas de Fuerteventura.



Volumen óseo trabecular (vot, en %) de muestras prehistóricas de pelvis de Gran Canaria (1), Tenerife (2), La Palma (3), El Hierro (4), Fuerteventura (6), y del grupo control (8).



Volumen óseo trabecular (vot, en %) de muestras prehistóricas de tibia derecha de Gran Canaria (1), Tenerife (2), La Palma (4), Fuerteventura (6), El Hierro (7), y del grupo control (8).

En tibia derecha los resultados han mostrado que un 19.05% de la población de Gran Canaria (en un estudio) tenía valores de VOT inferiores a 13.5%, es decir, gravemente osteopénicos, y un 30.40%, valores de VOT por debajo de 15%. El valor medio de VOT en tibia fue de $17.88 \pm 5.20\%$, muy por debajo del valor control ($t=4.37$, $p<0.001$), y fue ligeramente superior en varones que en mujeres. En este estudio se estratificaron los resultados por edad, encontrando que los más jóvenes, si bien tenían niveles de masa ósea superiores a los más viejos, mostraban valores significativamente inferiores a los de la población control.

En un segundo estudio con una muestra más corta, también realizado en tibia derecha, el valor medio de VOT de la muestra de Gran Canaria fue de $16.97 \pm 5.21\%$ es decir, ligeramente inferior (aunque en el mismo rango) que la del estudio anterior.

En claro contraste con estos resultados, el valor medio del VOT en la población de El Hierro analizada mediante estudio de la tibia fue similar al de los controles ($23.5 \pm 5.60\%$), y tan sólo en un caso (2.44%) se detectó disminución en la densidad mineral ósea, es decir, osteopenia, con VOT inferior a 15%. En Fuerteventura tampoco encontramos osteopenia en las muestras de tibia analizadas. El valor medio del VOT fue de $22.99 \pm 8.71\%$.

Con respecto a los estudios radiológicos, encontramos que el VOT guardaba una estrecha relación con el índice córticomedular (CI) ($r=0.43$, $p<0.001$). También por este método radiológico simple se observaron marcadas diferencias entre la población prehispánica (0.2927 ± 0.08) y la población control (0.3601 ± 0.052). Clasificando a la población según sus niveles de masa ósea, y definiendo así osteopenia leve (VOT= 17.5 – 15%), moderada (VOT= 15 – 12.5%) y grave (VOT < 12.5%) calculamos la sensibilidad y especificidad de distintos valores del CI para diagnosticar cada uno de estos grados de osteopenia. Así, encontramos que el CI presentaba una alta proporción (91%) de diagnósticos correctos en casos de osteopenia severa, proporción que disminuía al 81.2% en casos de osteopenia moderada, y al 63.1% en casos de osteopenia leve. Otros estudios llevados a cabo con tomografía computadorizada cuantitativa (TAC) (González-Reimers *et al.*, 2007) o con absorciometría por rayos X de energía dual (DEXA) (González-Reimers *et al.*, 2004) han confirmado los resultados anteriores y refrendado el hallazgo de una alta tasa de osteoporosis en la población prehispánica de Gran Canaria.

Destaca por lo tanto que en la población prehispánica de Gran Canaria se haya encontrado una elevada prevalencia de osteoporosis, con cifras parecidas tanto si se considera la tibia como la cresta iliaca. Como era de esperar, teniendo presente que la tibia es un hueso de carga, los valores de VOT de la tibia son algo superiores a los hallados en la cresta iliaca. También es llamativo el hallazgo de unos índices córticomedulares claramente reducidos con respecto a los valores de la población control,

todo lo cual abunda más en la conclusión de que existía una elevada prevalencia de osteoporosis en la población prehispanica de esta isla. También es destacable la elevada dispersión de los valores de masa ósea, lo que indica que no toda la población estaba afectada por este proceso: más bien al contrario, muchos individuos presentan niveles de masa ósea plenamente en el rango de la normalidad.

Los resultados de la masa ósea difieren según la edad de la muerte de los individuos. Así, los valores de VOT fueron mayores en los individuos más jóvenes. Este resultado, plenamente dentro de lo esperable a tenor de lo comentado en la introducción de este estudio, sirve también de “control de calidad” de la propia técnica, al igual que el hallazgo de cifras similares de prevalencia de osteoporosis en series distintas, determinando masa ósea en lugares distintos, o incluso empleando otras técnicas como la radiología. Es además llamativa la temprana edad de la muerte observada en muchos individuos de Gran Canaria. En efecto, muchas de las sínfisis púbicas analizadas (de gran utilidad para estimar la edad de los individuos) mostraron rasgos que permitieron clasificarlas dentro de los estadios I y II de Suchey y Brooks, y muchas de las tibias presentaron también signos de cierre epifisario reciente.

¿Cómo podemos interpretar los resultados obtenidos para Gran Canaria? Como antes señalamos, la etiología de la osteoporosis es muy variada. Si nos enfrentásemos a una población senil está claro que podríamos achacarla justamente a la edad, como comentamos antes con las denominadas osteoporosis idiopática tipos I y II. Pero no es éste el caso. Fueron muy raros los individuos de Gran Canaria en cuya pelvis se objetivaron grados avanzados de transformación de la sínfisis púbica, y aunque no podemos descartar que alguna tibia perteneciera a individuos seniles, en cualquier caso la proporción hubiera sido muy baja.

Debemos pues centrar nuestra atención en la etiología de la osteoporosis en edades no seniles. Tanto las alteraciones hormonales (cortisol, hormona tiroidea, PTH., etc.) como las enfermedades por alteraciones congénitas de la estructura del hueso son muy raras. El escorbuto es una entidad que deja claras huellas paleopatológicas, que no se han observado en Gran Canaria; el alcohol y los fármacos están descartados. Si bien muchos procesos comunes pueden dar lugar a malabsorción, como la diabetes, las hepatopatías, la celiaquía, enfermedades pancreáticas o síndromes diarreicos crónicos, la prevalencia global de todos ellos en una población no seleccionada es baja, excepto para la diabetes, que además es frecuente en Canarias. En cualquier caso, la osteoporosis afecta sobre todo al diabético tipo 1, que no sobrevive sin insulina, por lo que no cabe considerar a esta entidad en el diagnóstico diferencial.

Nos queda por lo tanto la malnutrición calórico-proteica como mecanismo posible. Gran Canaria estaba densamente poblada en la época

prehispánica (tal vez hasta 30-40 habitantes por kilómetro cuadrado), cifra descomunal si la comparamos con la que existía, por ejemplo, en Castilla en los albores de la Edad Moderna. Sabemos además que la agricultura desempeñaba un papel preponderante en la economía de esta isla, hecho no sólo avalado por las crónicas, sino también por el registro arqueológico, por el estudio de oligoelementos óseos (que arroja elevados niveles de estroncio en hueso), y por los resultados preliminares del estudio del microdesgaste dental. Además, sabemos que la sociedad gran Canaria estaba fuertemente jerarquizada, que los señores se encargaban de almacenar el excedente agrícola en grandes silos y repartirlo después entre la población en épocas de hambruna, y que incluso se menciona el infanticidio femenino para controlar el crecimiento demográfico.

La dependencia agrícola de una población tiene graves riesgos desde el punto de vista nutricional, sobre todo si se considera que factores externos como la sequía (no hay que olvidar la localización geográfica y el carácter subdesértico del clima canario) o las plagas de langosta, podrían haber tenido consecuencias devastadoras. Es muy probable que el pueblo llano sufriera en esas circunstancias los efectos de la hambruna, traducándose en una situación de malnutrición episódica, que acarrearía una mortalidad precoz y una elevada prevalencia de osteoporosis.

En El Hierro, una isla mucho menos poblada, y con una economía probablemente más de tipo mixto (hay grandes concheros en varios lugares de la isla, indicativos de un importante marisqueo), la influencia de tales catástrofes naturales fue sin duda menor y eso puede explicar la menor prevalencia de osteoporosis observada.

Además, queremos resaltar aquí, la buena correlación que existe entre la histomorfometría y las técnicas radiológicas. Estas últimas también señalan la existencia de una elevada prevalencia de osteoporosis. Las técnicas radiológicas no sólo refrendan lo obtenido mediante histomorfometría, sino que permiten que el estudio de este importante aspecto paleoantropológico pueda ser abordado con métodos no destructivos.

En resumen, de los estudios presentados se desprende que la prevalencia de osteopenia en la población prehistórica de Gran Canaria es muy elevada, en claro contraste con lo observado en El Hierro. Las series de otras islas son pequeñas, por lo que no podemos extraer conclusiones firmes.

Líneas de Harris

La líneas de Harris, o líneas transversales radio-opacas (ver figura de la página 12), constituyen un hallazgo observado con cierta frecuencia tanto

en poblaciones prehistóricas como actuales, especialmente en países del tercer mundo (Arnay de la Rosa *et al.*, 1994; Mc Henry y Schulz, 1976; Wing y Brown, 1979; Clarke, 1982; Velasco-Vázquez *et al.*, 1999), asociada al consumo de alcohol en la adolescencia (González-Reimers *et al.*, 2007), así como, tanto en el ámbito experimental como clínico, en algunos procesos sistémicos graves (Park, 1964; Acheson, 1959). Se piensa que las líneas de Harris reflejan episodios de detención del crecimiento del hueso secundario en una situación de desequilibrio entre oferta y demanda de nutrientes, aunque la patogenia es controvertida (Hummert y Van Gerven, 1985), y además se ha comprobado que pueden llegar a reabsorberse y desaparecer. No obstante, su presencia en situaciones de malnutrición o en presencia de sustancias que inhiben el crecimiento óseo, como el alcohol, convierte las líneas de Harris en un marcador interesante de eventuales situaciones de desequilibrio entre oferta y demanda de nutrientes durante el periodo de crecimiento.

En un estudio, comparamos las líneas de Harris presentes en 41 tibias derechas procedentes del Barranco del Agua de Dios, en Tegueste (Tenerife) y preservadas en el Instituto Cabrera Pinto, con las de tibias de Gran Canaria, encontrando que la población prehispánica de Gran Canaria presentaba menor cantidad de líneas de Harris ($Z=4.60$, $p<0.001$). En efecto, el número medio de líneas de Harris por individuo fue de 4.95 en la población de Tenerife (con una mediana de 4 y un rango intercuartílico de 1 a 8), mientras que la media de líneas de Harris en la población de Gran Canaria fue de 1.83 (con una mediana de 1 y un rango intercuartílico de 0 a 3). No obstante, el 19.5% de la población de Tenerife no presentó ninguna línea, frente al 15.2% de la población de Gran Canaria. ($X^2=1.4$, NS). En cambio, la proporción sí era significativamente diferente entre ambos grupos con respecto a un porcentaje de individuos con 10 ó más líneas: 17.07% en Tenerife frente al 0.2% en Gran Canaria ($p<0.001$ mediante el test exacto de Fisher). Es decir, la mayor cantidad de líneas de Harris observada en la población de Tenerife obedece sobre todo a una mayor proporción de individuos con muchas líneas de Harris, ya que incluso la proporción de individuos sin ninguna línea es superior en la población de Tenerife, lo que podría sugerir una mayor desigualdad en la disponibilidad de recursos durante el periodo de crecimiento en la población de Tenerife.

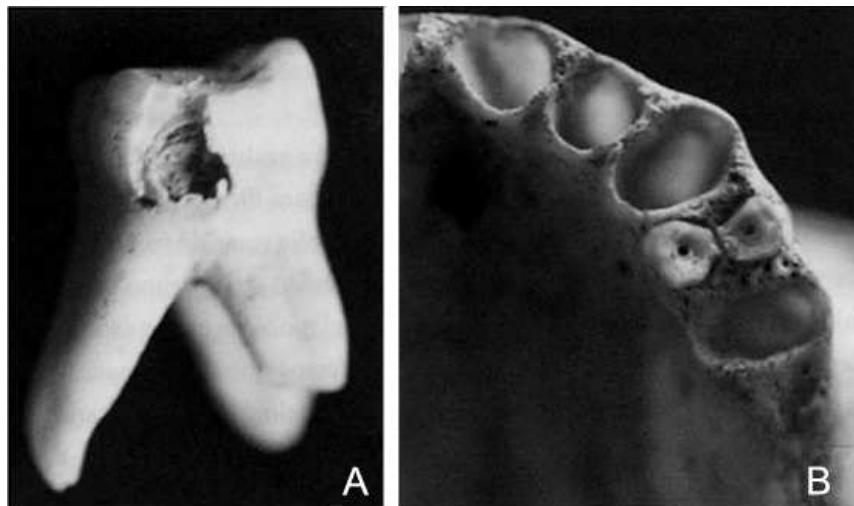
Como colofón a esta primera parte mencionaremos brevemente que la **hipoplasia del esmalte** (ver figura de la página 12) de los dientes aporta una información similar. El esmalte, el tejido más duro del reino animal, consiste también en una matriz proteica sobre la que se depositan cristales de hidroxiapatita. Su formación tiene lugar en el periodo infantil, y a diferencia de lo que ocurre en el hueso, no sufre remodelación, por lo que las alteraciones de su formación, que acaecen cuando hay un compromiso

entre oferta y demanda de nutrientes, quedan como impronta indeleble en la superficie del diente.

Paleodieta

El estudio de la dieta consumida por poblaciones pretéritas puede hacerse desde diferentes abordajes. Un grupo de métodos o técnicas están relacionadas con la arqueología e incluyen el análisis de los restos óseos de vertebrados, de peces, malacológicos o de vegetales en yacimientos diversos. Otras técnicas consisten en analizar e identificar el contenido de vasos cerámicos o de restos orgánicos adheridos a otros utensilios como molinos u otras piezas, o, en su defecto, estudiar los esqueletos silíceos o fitolitos, más o menos específicos de ciertos vegetales que pudieran quedar en los artefactos antiguos. En el caso de momias podemos también recurrir al análisis del contenido intestinal. Sobre estos aspectos hay una abundante bibliografía para la prehistoria de Canarias, y magníficos y detallados estudios, pero, como expusimos al principio, revisaremos qué información podemos obtener del análisis del esqueleto, y así nos centraremos en el estudio de las caries, del sarro, del desgaste, los isótopos estables en hueso y los oligoelementos.

La caries dental deriva de la acción lesiva de ácidos orgánicos, especialmente del ácido láctico (Larsen, 1997; Hillson, 2001), los cuales



Detalle de caries (A), que a veces puede llegar a destruir totalmente el diente y provocar su caída (B).

proviene a su vez de la acción bacteriana sobre hidratos de carbono, tanto de tipo polisacárido como oligo- o monosacárido, aunque estos últimos son los más cariogénicos.

Como todo proceso patológico, es el desequilibrio entre agentes patógenos y la integridad estructural del esmalte y la dentina lo que va a condicionar el desarrollo de la lesión cariosa. Por lo tanto, los defectos en la formación de esmalte o dentina predisponen al desarrollo de las caries (Duray, 1990; Larsen *et al.*, 1991, O'Sullivan *et al.*, 1992). Pronto, una pequeña erosión, identificable como un punto marrónáceo (Rudney *et al.*, 1983) o una pequeña depresión donde queda atrapada la así denominada sonda dental permite el anidamiento de gérmenes que quedan más o menos protegidos del flujo salivar y de las catelicidinas o defensinas presentes en la boca. Su proliferación y la continua metabolización de los productos alimenticios generan cada vez mayor cantidad de sustancias ácidas, lo que acelera la progresión de la lesión, que finalmente alcanza la dentina, primero, la pulpa dentaria después, y llega por fin a destruir totalmente al diente, provocando incluso su caída. La invasión bacteriana de la pulpa dentaria propicia que la infección se propague al alveolo y pueda llegar a generar abscesos. No es raro observar lesiones destructivas importantes en cráneos prehispánicos, que a veces incluso perforan el maxilar superior e invaden los senos.

La caries es un proceso asociado inicialmente al consumo de hidratos de carbono (Newbrun, 1982). En estudios paleodietéticos longitudinales se aprecia un aumento de la incidencia de caries en el tránsito hacia la agricultura desde una economía cazadora-recolectora. De hecho, la máxima incidencia se observa en la época actual, posiblemente debido al consumo de azúcares refinados. En la población prehispánica de Chile, como en poblaciones que ocupan diversos espacios temporales en una misma área geográfica, se observa que la incidencia de caries aumenta, guardando un paralelismo con el desarrollo de actividades agrícolas, y alcanza por el contrario un nadir (los valores más bajos) en grupos dedicados a la pesca (Kelley *et al.*, 1991).

En las islas Canarias tenemos el ejemplo de Gran Canaria, donde encontramos una altísima incidencia de caries, especialmente en la población inhumada en cuevas, que supera a la incidencia encontrada en la población costera inhumada en túmulos (Delgado-Darias *et al.*, 2005). En poblaciones consumidoras casi exclusivamente de pescado o mamíferos marinos no suele haber caries, como ocurre en los esquimales (Costa, 1980); este tipo de dieta es incluso cariostático.

El sarro, también denominado cálculo o tártaro, es una estructura en la que cabe distinguir componentes orgánicos e inorgánicos. Entre los primeros cuentan los restos celulares, restos de alimentos, bacterias y

componentes proteináceos de la saliva, mientras que los segundos están formados por sales cálcicas que se depositan sobre esta matriz (Jin y Yip, 2002).



Acumulación de sales de calcio y fósforo sobre la superficie dental, conocida como sarro.

Este depósito de sales cálcicas parece derivar de la actividad de las células fagocíticas encargadas de la defensa frente a estas bacterias, que liberan proteínas fijadoras de calcio, produciéndose la mineralización por precipitación de sales cálcicas (Kido *et al.*, 1997). Flujo salivar y pH de la saliva influyen en la saturación de estas sales cálcicas, y ambos factores dependen de la dieta, que a su vez puede contener más o menos calcio. Por este motivo, el depósito de sarro se relaciona sin duda con la dieta (Littleton y Fröhlich, 1989; Whittaker *et al.*, 1998), aunque no está en absoluto claro qué patrón dietético genera más o menos sarro. Algunos estudios sugieren que una dieta cárnica puede promover su aparición, sin embargo, otros no lo avalan. Sin duda, la falta de higiene es importante. Además, el tabaco es un clásico factor asociado (Axelsson *et al.*, 1998). Los estudios realizados hasta ahora arrojan resultados muy diversos. Lo cierto es que, en nuestro medio, un 88.51% de la población prehispanica de Gran Canaria presenta diversos grados de sarro (Delgado-Darias *et al.*, 2006), más frecuente en la población costera, inhumada en túmulos, que en la inhumada en cuevas, y,

desde luego, guarda relación con la enfermedad periodontal (inflamación o infección que ataca las encías y el hueso que mantiene los dientes en su lugar).

El **desgaste dental** es otra patología fuertemente dependiente de la dieta, aunque hay muchos más factores involucrados, como la fluorosis (Schultz *et al.*, 1998), el reflujo gastroesofágico (Lazarchik y Filler, 2000), el hábito de fumar (Axelsson *et al.*, 1998), y el consumo de anfetaminas (Richards y Brofeldt, 2000; Duxbury, 1993) y otras drogas (Krutchkoff *et al.*, 1990).



Desgaste dental, que llega incluso a exponer la cavidad pulpar.

Frente a un desgaste en exceso se produce una respuesta del hueso del alveolo dentario, empujando hacia arriba el diente desgastado, de tal manera que pueda seguir contactando durante la masticación con el diente correspondiente de la otra arcada dentaria. Este proceso, conocido como “erupción continuada” va exponiendo cada vez mayor cantidad de cemento. El desgaste intenso puede llegar incluso a provocar la pérdida de piezas dentarias, aunque esto es, con mucho, más frecuente en la enfermedad periodontal. El consumo de dietas que precisen un largo periodo de masticación, con un cierto componente de rotación de la arcada mandibular

sobre el maxilar va a generar un mayor grado de desgaste. La remodelación alveolodentaria que provoca este proceso modifica ligeramente el plano oclusal al nivel de los molares, lo que ha permitido también utilizar este parámetro para diferenciar individuos cazadores-recolectores de individuos dependientes de una economía agrícola (Smith, 1984).

Sin duda, a mayor edad, mayor desgaste. Este fenómeno permite estimar la edad de la muerte a partir del desgaste dental (Ubelaker, 1989). No obstante, también influyen otros factores. En un estudio realizado en 138 pacientes ingresados en el HUC, se observó mediante análisis de regresión logística, que la edad, pero también la higiene dental, influyeron de forma significativa e independiente en el desgaste dental, siendo más importante la higiene dental que la edad en el caso del desgaste en premolares y caninos (González-Reimers *et al.*, 2006). Una pobre higiene dental se asocia a un crecimiento excesivo de bacterias (sobre todo gram + anaerobios), lo que produce un descenso del pH salivar, que puede facilitar el desgaste, de modo similar a como lo hace el reflujo gastroesofágico (Shaw *et al.*, 1998), aunque el papel del pH ácido sobre el desgaste es aún discutido (Barlett *et al.*, 1998).

Isótopos estables.- En general, su importancia radica en que se trata de isótopos (elementos con idéntico número atómico, o sea, con el mismo número de protones en su núcleo, pero distinta masa atómica, es decir, distinto número de neutrones en su núcleo) que no tienden a decaer espontáneamente, es decir, que no emiten radiactividad, y cuya concentración, por lo tanto, se mantiene constante a lo largo del tiempo. En la naturaleza, diversos elementos de interés biológico (carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre) están presentes en forma de diversos isótopos, aunque siempre la abundancia de uno de ellos es muy superior a la de los otros. En la tabla de la página 32, basada en Katzenberg (2000) reflejamos los valores medios presentes en la naturaleza de diferentes isótopos.

La relevancia de los isótopos en estudios paleodietéticos estriba en que su metabolismo difiere ligeramente según su peso atómico. Por lo general, los isótopos más pesados suelen reaccionar más lentamente, y los ligeros tienden a eliminarse con mayor facilidad. Además, especies vegetales distintas difieren en la vía metabólica utilizada para sintetizar sustancias que contengan carbono; las características de estas vías metabólicas ejercen un efecto discriminatorio mayor o menor sobre los isótopos de carbono. El resultado final es que la proporción de isótopos en las plantas es distinta de la presente en la atmósfera, y esta proporción se mantiene a lo largo de la cadena trófica. La cantidad relativa de un isótopo minoritario presente en una muestra se puede calcular con facilidad, ya que se han definido, por convención, unos patrones o estándares que sirven de referencia. Así, por

ejemplo para el carbono (C), una vez medida la cantidad relativa del isótopo pesado y del ligero se calcula un “delta” aplicando la fórmula:

$$\text{Delta (en ‰)} = \left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ muestra} - ^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ del estándar}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ del estándar}} \right) \times 1000$$

Así se vio que, por ejemplo, el maíz fija el carbono utilizando una vía metabólica (Hatch-Slack o C4) diferente de la usada por el trigo y otros cereales más propios de clima templado, que utilizan la vía C3. Por eso estas plantas, aunque tienen menos ^{13}C [delta-13(C) = -9 a -14 ‰] que la atmósfera [delta-13(C) = -7‰], tienen más que las plantas C-3 de climas templados [delta-13(C) = -20 a -35‰] (Katzenberg, 2000). Otras plantas, como las CAM (Crasuláceas) tienen valores intermedios. Como hemos dicho, esta proporción se mantiene en la cadena trófica, pero en el colágeno humano los valores son siempre un 5‰ superiores (Van der Merwe y Vogel, 1978). Los animales marinos, por otra parte, utilizan como fuente de C de los carbonatos disueltos. Por definición, ya que el estándar es precisamente un carbonato marino, su delta-13(C) es 0; en cambio, en general, la fuente de C de los animales terrestres es el aire, cuyo delta-13(C) es -7‰. Por eso puede diferenciarse también el consumo de productos marinos del de productos terrestres (Blake *et al.*, 1992).

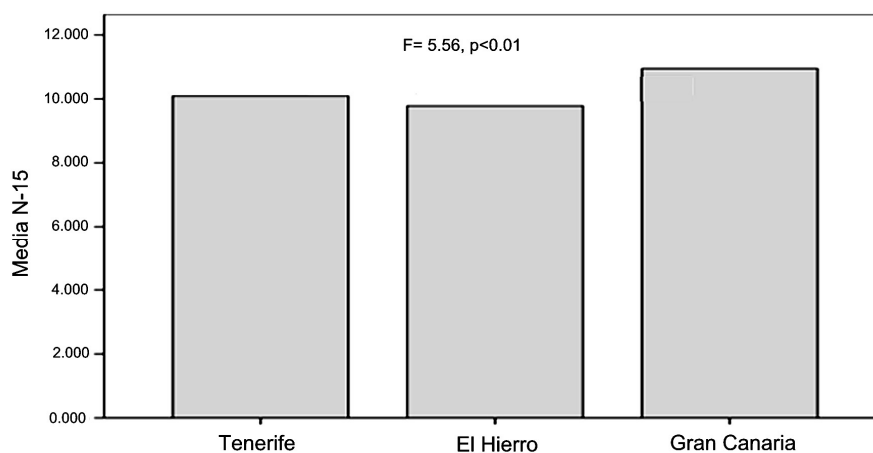
Abundancia relativa de distintos isótopos de elementos de importancia biológica

Elemento	Isótopo	Abundancia (%)
Carbono	^{13}C	1.11
	^{12}C	98.89
Nitrógeno	^{14}N	99.63
	^{15}N	0.37
Oxígeno	^{16}O	99.759
	^{17}O	0.037
	^{18}O	0.204
Azufre	^{32}S	95.00
	^{33}S	0.76
	^{34}S	4.22
	^{36}S	0.014
Estroncio	^{84}Sr	0.56
	^{86}Sr	9.86
	^{87}Sr	7.02
	^{88}Sr	82.56

Inicialmente, el delta-13(C) se determinó en colágeno del hueso (Ambrose, 1990), utilizando el C de los aminoácidos, lo que requería una muestra grande y la extracción previa de colágeno. Actualmente se hace en hueso o diente utilizando el C de los carbonatos. Pero la información obtenida de cada una de estas procedencias no es exactamente la misma: las sales de carbonato cálcico han sido fabricadas con cualquier C ingerido; sin embargo, como el colágeno tiene numerosos aminoácidos esenciales, que necesariamente tuvieron que ser ingeridos, su delta-13(C) más bien refleja la de la ingesta proteica (Katzenberg, 2000).

Otros isótopos estables analizados son los del nitrógeno (N). Aquí el estándar es el nitrógeno atmosférico, que en un 99.63% es ^{14}N . Plantas como las leguminosas, en virtud de su relación simbiótica con determinadas bacterias, utilizan una mayor proporción de N atmosférico que plantas no leguminosas, que utilizan nitratos y otras sales de nitrógeno presentes en el suelo. Por lo tanto, el delta-15(N) de las primeras es cercano a 0, mientras que es más alto en las segundas (Brill, 1977). Los herbívoros poseen un delta-15(N) que es un 3‰ superior, mientras que los carnívoros se enriquecen aún más en ^{15}N . También hay diferencias con este elemento entre el medio marino (valores superiores) y el terrestre (Schoeninger *et al.*, 1983; Walker y de Niro, 1986).

Con el objetivo de profundizar en el conocimiento paleodietético hemos analizado, en muestras de individuos inhumados en Las Cañadas el contenido (en colágena ósea) de ^{13}C y ^{15}N . Los resultados de los que disponemos en la actualidad muestran un contenido de ^{13}C bajo (lo que sugiere consumo de plantas C-3, por ejemplo cereales) y un contenido de ^{15}N que sugiere que estas plantas no son leguminosas. El aporte cárnico, según estos datos, parece escaso.



Contenido medios en el isótopo ^{15}N en huesos de Tenerife, El Hierro y Gran Canaria.

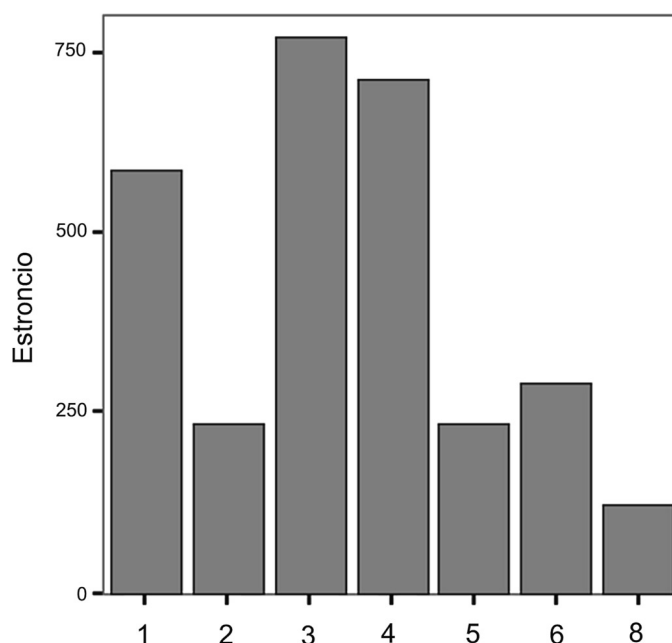
Oligoelementos en hueso.- Es éste otro abordaje, más clásico, de los estudios paleodietéticos (Ezzo, 1994). Inicialmente se observó que si bien las plantas absorbían una proporción fija del estroncio (Sr) presente en el suelo, y la acumulaban en sus tejidos, los animales discriminaban el estroncio frente al calcio en su intestino: este fenómeno era el responsable de que en el herbívoro hubiera una concentración tisular de Sr inferior a la de la planta. Cuando un herbívoro era devorado por un carnívoro, en el intestino de éste volvía a producirse la misma discriminación a la que antes aludíamos, por lo que ahora las concentraciones de estroncio en los tejidos del carnívoro eran muy inferiores a las del herbívoro. Por lo tanto, el estroncio permite discriminar entre dieta vegetariana y no vegetariana. Además, el estroncio se deposita preferencialmente en hueso, motivo por el cual es de especial utilidad en el estudio paleonutricional. Además, su vida media es larga y su utilidad metabólica, escasa. Todas estas características lo convierten, en principio, en un buen indicador del tipo de dieta.

Se vio además que el contenido de estroncio en alimentos procedentes del medio marino era elevado, lo cual a su vez le añadió una nueva utilidad: diferenciar consumo de alimento de origen terrestre de los derivados del medio marino. Sin embargo, añadió un factor de confusión: no todos los valores elevados de estroncio óseo correspondían a una dieta vegetal; podían ser también de origen marino. Pronto, otro elemento químico ayudó a solucionar este problema. El bario (Ba), de escasa solubilidad y muy pobre en el medio marino, tiene un metabolismo paralelo al del estroncio, sólo que es aún más discriminado en intestino. Por eso, calculando el índice bario / estroncio (Ba/Sr) es posible discernir entre consumo de dieta vegetal (con índice normal, con Sr y Ba altos) y dieta marina (índice Ba/Sr bajo). En el consumo de dieta cárnica el índice puede ser normal o incluso alto, ya que alimentos cárnicos pueden contener mucho bario, pero el estroncio óseo es, por lo general, bajo. Así, si lo expresamos de forma logarítmica (log), un log Ba/Sr con valores entre 0 y -0.4 indica consumo de dieta de origen terrestre, mientras que un log entre -1.4 y -1.8 indica consumo de dieta marina.

Esta es la principal utilidad de los oligoelementos como indicadores paleodietéticos (Balter, 2004), aunque hemos de matizar que estudios llevados a cabo por nuestro grupo demuestran también que el defectuoso aporte calórico-proteico se asocia a un incremento de los niveles de estroncio óseo, tal vez al atenuarse el efecto inhibitorio del calcio dietético sobre su absorción (González-Reimers *et al.*, 2004).

Al estudiar los oligoelementos hay que tener presente las modificaciones que se pueden haber producido en los restos después del enterramiento, es decir, las alteraciones diagenéticas (Fabig y Herrmann, 2002). Afortunadamente en Canarias tenemos en ese sentido una ventaja añadida, que es la costumbre prehistórica, ampliamente generalizada, de no

enterrar los cadáveres, sino depositarlos en cuevas más o menos secas, lo que minimiza el cambio diagenético, aunque no lo excluye del todo. Estudios llevados a cabo por nosotros en la población prehistórica de varias islas ponen de manifiesto unos elevados niveles de estroncio en la población prehistórica de Gran Canaria (González-Reimers y Arnay-de-la-Rosa, 1992), y un índice Ba/Sr que es significativamente más bajo en la población inhumada en los túmulos costeros que en la inhumada en las cuevas del interior, en concordancia con la mayor prevalencia de exóstosis (formación de nuevo hueso en la superficie de un hueso) auriculares entre los primeros (Velasco-Vázquez *et al.*, 2000). Más recientemente hemos visto que la proporción de dientes con caries y/o con sarro se relaciona con el índice Ba/Sr en una muestra de la Iglesia de La Concepción.



Estroncio óseo en restos prehistóricos procedentes de diferentes islas: Gran Canaria (1), Tenerife (2), La Palma (3), El Hierro (4), Fuerteventura (5) y Gomera (6). Los valores del grupo 8 corresponden a los controles.

Por lo que hemos expuesto sucintamente, a partir del esqueleto, existen multitud de abordajes posibles para inferir la dieta consumida. Los resultados obtenidos aplicando los métodos aludidos deben ser contrastados con la información derivada de otros métodos útiles para inferir la paleodieta, como comentamos al inicio de la presente revisión.

Referencias

- ACHESON, R.M. (1959). The effect of starvation, septicaemia, and chronic illness on the growth of cartilage plate and metaphysis of the immature rat. *J. Anat.* 93: 123-130.
- AGARWAL, S.C. & M.C.GRYNPASS (1996). Bone quantity and quality in past populations. *Anat. Record* 246: 423-432
- AMBROSE, S.H. (1990). Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *J. Archaeol. Sci.* 17: 431-451.
- ARNAY-DE-LA-ROSA, M., E. GONZÁLEZ-REIMERS, A. CASTILLA-GARCÍA *et al.* (1994). Radiopaque transverse lines (Harris lines) in the prehispanic population of El Hierro (Canary Islands). *Ant. Anzeiger* 52: 53-57.
- AXELSSON, P., J. PAULANDER & J. LINDHE (1998). Relationship between smoking and dental status in 35-, 50-, 65-, and 75-year-old individuals. *J. Clin. Periodontol.* 25: 297-305.
- BALTER, V. (2004). Allometric constraints on Sr/Ca and Ba/Ca partitioning in terrestrial mammalian trophic chains. *Oecologia* 139: 83-88.
- BARLETT, D.W., P.Y. COWARD, C. NIKKAH *et al.* (1998). The prevalence of tooth wear in a cluster sample of adolescent schoolchildren and its relationship with potential explanatory factors. *Br. Dent. J.* 184: 125-129.
- BENNIKE, P. & H. BOHR (1990). Bone mineral content in the past and present. En: Christiansen C, Overgaard K, editors. *Third International Symposium on Osteoporosis*. Copenhagen: Osteopress. p. 89-91.
- BENNIKE, P, H. BOHR & T. TOFT (1993). Determination of mineral content and organic matrix in bone samples using dual photon absorptiometry. *Int. J. Anthropol.* 8: 111-116.
- BLAKE, M., B.S. CHISHOLM, J.E. CLARK *et al.* (1992). Prehistoric subsistence in the Soconusco region. *Current Anthropol.* 33: 83-94.
- BLAKE, G.M., C.C. GLÜER & I. FOGELMAN (1997). Bone densitometry: current status and future prospects. *Br. J. Radiol.* 70: 177-186.
- BOURRIN, S., A., TOROMANOFF, P. AMMAN *et al.* (2000) Dietary protein deficiency induces osteoporosis in aged male rats. *J. Bone Miner. Res.* 15: 1555-1563.
- BRILL, W. (1977). Biological nitrogen fixation. *Scientific Am.* 236: 68-74.
- CLARKE, S.K. (1982). The association of early childhood enamel hypoplasias and radiopaque transverse lines in a culturally diverse prehistoric skeletal sample. *Human Biol.* 54: 77-84.

- COSTA, R.L. (1980). Incidence of caries and abscesses in archaeological Eskimo skeletal samples from Point Hope and Kodiak Island, Alaska. *Am. J. Phys. Anthropol.* 52: 501-514.
- DELGADO DARIAS, T., J. VELASCO VÁZQUEZ, M. ARNAY-DE-LA-ROSA *et al.* (2005). Dental caries among the prehispanic population from Gran Canaria. *Am. J. Phys. Anthropol.* 128: 560-568.
- DELGADO-DARIAS, T., J. VELASCO-VÁZQUEZ, M. ARNAY-DE-LA-ROSA *et al.* (2006). Calculus, periodontal disease and tooth decay among the prehispanic population from Gran Canaria. *J. Archaeol. Sci.* 33: 663-670.
- DEWEY, J., M. BARTLEY & G. ARMELAGOS (1969). Femoral cortical involution in three Nubian archaeological populations. *Hum. Biol.* 41:13-28.
- DUPPE, H., P.GARDSSELL, O. JOHNNELL *et al.* (1997). Bone mineral density, muscle strength and physical activity. A population based study of 332 subjects aged 15-42 years. *Acta Orthop. Scand.* 68: 97-103.
- DURAY, S.M. (1990). Deciduous enamel defects and caries susceptibility in a prehistoric Ohio population. *Am. J. Phys. Anthropol.* 81: 27-34.
- DUXBURY, A.J. (1993). Ecstasy-dental implications. *B. Dent. J.* 175: 38.
- ERIKSEN, M.F. (1976). Cortical bone loss with age in three native american populations. *Am. J. Phys. Anthropol.* 45: 443-452.
- ERIKSEN, E.F. & B.L. LANGDAHL (1997). The pathogenesis of osteoporosis. *Horm. Res.* 48 (Suppl 5): 78-82.
- EZZO, J.A. (1994). Zinc as a paleodietary indicator: an issue of theoretical validity in bone chemistry analysis. *Am. Antiq.* 59: 606-621.
- FABIG, A. & B. HERRMANN (2002). Trace elements in buried human bones: intrapopulation variability of Sr/Ca and Ba/Ca ratios –diet or diagenesis? *Naturwissenschaften* 89: 115-119.
- FARQUHARSON, M.J., R.D. SPELLER & M. BRICKLEY (1997). Measuring bone mineral density in archaeological bone using energy dispersive low angle X-ray scattering techniques. *J. Archaeol. Sci.* 24: 765-772.
- GARCÍA TALAVERA, F. (1992). La estatura de los guanches. “*Proceedings of the 1st World Congress on mummy studies*”, Cabildo de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife, pp. 177-186.
- GONZÁLEZ-REIMERS, E., M. ARNAY-DE-LA-ROSA, L. GALINDO-MARTÍN *et al.* (1988). Trabecular bone mass and bone content of diet related trace elements among the prehispanic inhabitants of the Western Canary Islands. *Human Evolution* 6:177-188.
- GONZÁLEZ-REIMERS, E. & M. ARNAY-DE-LA-ROSA (1992). Ancient skeletal remains of the Canary Islands: Bone histology and chemical analysis. *Ant. Anzeiger* 50: 201-215.

- GONZÁLEZ-REIMERS, E., J. VELASCO-VÀZQUEZ, M. ARNAY-DE-LA-ROSA *et al.* (1998). The corticomedular index of the right tibia in the diagnosis of osteoporosis in prehistoric skeletal remains. *Am. J. Hum. Biol.* 10: 37-44.
- GONZÁLEZ-REIMERS, E., J. VELASCO-VÀZQUEZ, M. ARNAY-DE-LA-ROSA *et al.* (2000). Sex determination by discriminant function analysis of the right tibia in the prehispanic population of the Canary Islands. *Forensic Sci. Int.* 108: 165-172.
- GONZÁLEZ-REIMERS, E., A. MAS PASCUAL, M. ARNAY-DE-LA-ROSA *et al.* (2004). Non-invasive estimation of bone mass in ancient vertebrae. *Am. J. Phys. Anthropol.* 125: 121-131.
- GONZÁLEZ-REIMERS, E., R. MARTÍN-OLIVERA, A. LÓPEZ-LIROLA *et al.* (2004). Effects of low protein diet and caloric restriction on strontium metabolism. *Trace Elem. Electrol.* 21: 257-261.
- GONZÁLEZ-REIMERS, E., A. ARESTÉ PITZALIS & M. ARNAY-DE-LA-ROSA (2006). Pérdida antemortem de piezas dentarias en una muestra de población canaria. *Anuario del Instituto de Estudios Canarios* 49: 73-80.
- GONZÁLEZ-REIMERS, E., J. VELASCO-VÀZQUEZ, M. ARNAY-DE-LA-ROSA *et al.* (2007). Quantitative computerized tomography for the diagnosis of osteopenia in prehistoric skeletal remains. *J. Archaeoll. Sci.* 34: 554-561.
- GONZÁLEZ-REIMERS, E., A. PÉREZ RAMÍREZ, F. SANTOLARIA-FERNÁNDEZ *et al.* (2007). Association of Harris lines and shorter stature with ethanol consumption during growth. *Alcohol* 41: 511-515.
- HAMMERL, J. R. PROTSCH, J. HAPP *et al.* (1991). Osteodensitometrie des Femurhalses an historischen Skeletten. En: Werner E, Mathias H, editors. *Osteologie interdisziplinär*. Berlin: Springer Verlag. p. 139-142.
- HILLSON, S. (2001). Recording dental caries in Archaeological human remains. *Int. J. Osteoarchaeol.* 11: 249-289.
- HOOTON, E.A. (1925). The ancient inhabitants of the Canary Islands. En "Harvard African Studies" vol VII, Cambridge (Mass).
- HUMMERT, J.R. & D.P. VAN GERVEN (1985). Observations on the formation and persistence of radiopaque transverse lines. *Am. J. Phys. Anthropol.* 66: 297-306.
- HUSS-ASHMORE, R. (1978). Nutritional determination in a Nubian skeletal population. *Am. J. Phys. Anthropol.* 48: 407.
- ILICH, J.Z., M. SKUGOR, T. HANGARTNER *et al.* (1998). Relation of nutrition, body composition and physical activity to skeletal development: a cross-sectional study in preadolescent females. *J. Am. Coll. Nutr.* 17: 136-147.

- JIN, Y., & H.K. YIP (2002). Supragingival calculus: formation and control. *Crit. Rev. Oral Biol. Med.* 13: 426-441.
- KATZENBERG, M.A. (2000). Stable isotope analysis: a tool for studying past diet, demography, and life history. En M.A. Katzenberg, S.R. Saunders (eds.) *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. Wiley-Liss, New York, pp: 305-327.
- KELLEY, M.A., D.R. LEVESQUE & E. WEIDL (1991). Contrasting patterns of dental disease in five early Northern Chilean groups. En M.A. Kelley & C.S. Larsen (eds.) *Advances in Dental Anthropology*. New York: Wiley-Liss. p: 203-213.
- KIDO, J., S. NISHIKAWA, H. ISHIDA *et al.* (1997). Identification of calprotectin, a calcium binding leukocyte protein, in human dental calculus matrix. *J. Periodont Res.* 32: 355-361.
- KLEPINGER, L. (1984). Nutritional assessment from bone. *Ann. Rev. Anthropol.* 13: 75-96.
- KNEISSEL, M., A. BOYDE, M. HAHN *et al.* (1994). Age- and sex-dependent cancellous bone changes in a 4000y BP population. *Bone* 15: 539-545.
- KRUTCHKOFF, D.J., E. EISENBERG, J.E. O'BRIEN *et al.* (1990). Cocaine-induced dental erosions. *N. Eng. J. Med.* 322: 408
- LARSEN, C.S. (1997). *Bioarchaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LAZARCHIK, D.A. & S.J. FILLER (2000). Dental erosion; predominant oral lesion in gastroesophageal reflux disease. *Am. J. Gastroenterol.* 95 (supp 8): S33-S38.
- LEES, B., T. MOLLESON, T.R. ARNETT *et al.* (1993). Differences in proximal femur bone density over two centuries. *Lancet* 341: 673-675.
- LITTLETON, J. & B. FROHLICH (1989). An analysis of dental pathology and diet on historic Bahrein. *Paléorient* 15: 59-84.
- MARSHALL, D. O. JOHNELL & H. WEDEL (1996). Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. *BMJ* 312: 1254-1259.
- MARTIN, D.L., A.H. GOODMAN & G.L. ARMELAGOS (1985). Skeletal pathologies as indicators of quality of diet. En: Gilbert R. & J.H. Mielke (eds) *The analysis of prehistoric diets*. Orlando: Academic Press. p. 227-279.
- MC HENRY, H.M. & P.D. SCHULZ (1976). The association between Harris lines and enamel hypoplasia in prehistoric Californian Indians. *Am. J. Phys. Anthropol.* 49: 507-511.
- NEWBRUN, E. (1982). Sugar and dental caries: a review of human studies. *Science* 217: 418-423.

- O'SULLIVAN, E.A., S.A.WILLIAMS & M.E. CURZON (1992). Dental caries in relation to nutritional stress in early English child populations. *Pediatr. Dent.* 14: 26-29.
- PARK, E.A. (1964). Imprinting of nutritional disturbances on growing bone. *Pediatrics* 33: 915-918.
- PARSONS, T.J., M. VAN DUSSELDORP, M. VAN DER VLIET *et al.* (1997). Reduced bone mass in Dutch adolescents fed a macrobiotic diet in early life. *J. Bone Miner. Res.* 12: 1486-1494.
- PFEIFFER, S. (2000). Paleohistology: health and disease. En: Katzenberg & S.R. Saunders (eds.) *Biologic Anthropology of the human skeleton*. New York: Wiley-Liss. p. 287-302.
- RICHARDS, J.R. & B.T. BROFELDT (2000). Patterns of tooth wear associated with metamphetamine use. *J. Periodontol.* 71: 1371-74.
- RUDNEY, J.D., R.V. KATZ & J.W. BRAND (1983). Interobserver reliability of methods for paleopathological diagnosis of dental caries. *Am. J. Phys. Anthropol.* 62: 243-248.
- SCHOENINGER, M.J., M.J. DENIRO & H. TAUBER (1983). Stable nitrogen isotope ratios of bone collagen reflect marine and terrestrial components of prehistoric human diet. *Science* 220: 1381-1383.
- SCHULTZ, M., U. KIERDORF, F. SEDLACEK *et al.* (1998). Pathological bone changes in the mandibles of wild red deer (*Cervus elaphus* L.) exposed to high environmental levels of fluoride. *J. Anat.* 193: 431-442.
- SCHURCH, M.A., R. RIZZOLI, D. SLOSMAN *et al.* (1998). Protein supplementation increase insulin-like growth factor-I levels and attenuates proximal femur bone loss in patients with recent hip fractures. A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Ann. Intern. Med.* 128: 801-809.
- SCHWIDETZKY, I. (1963). La población prehispanica de las Islas Canarias. Publicaciones Museo Arqueológico, Santa Cruz de Tenerife.
- SHAW, L., S. WEATHERHILL & A. SMITH (1998). Tooth wear in children: an investigation of etiological factors in children with cerebral palsy and gastroesophageal reflux. *J. Dent. Child.* 65: 484-486.
- SILVENTOINEN, K. (2003). Determinants of variation in adult body height. *J. Biosoc. Sci.* 35: 263-285.
- SMITH, B.H. (1984). Patterns of molar wear in hunter-gatherers and agriculturalists. *Am. J. Phys. Anthropol.* 63: 39-56.
- SMITH, E.L. & C. GILLIGAN (1991). Physical activity effects on bone metabolism. *Calcif. Tissue Int.* 49: S50-S54.
- UBELAKER, D.H. (1989). *Human skeletal remains*. Taraxacum, Washington.

- VAN DER MERWE, N.J. & J.C. VOGEL (1978). ^{13}C content of human collagen as a measure of prehistoric diet in Woodland North America. *Nature* 276: 815-816.
- VELASCO-VÁZQUEZ, J., A. BETANCOR-RODRÍGUEZ, M. ARNAY-DE-LA-ROSA *et al.* (2000). Auricular exostoses among the prehispanic population from Gran Canaria. *Am. J. Phys. Anthropol.* 112: 49-55.
- VELASCO-VÁZQUEZ, J., E. GONZÁLEZ-REIMERS, M. ARNAY-DE-LA-ROSA *et al.* (1999). Bone histology of prehistoric inhabitants of the Canary Islands: comparison between El Hierro and Gran Canaria. *Am. J. Phys. Anthropol.* 110: 201-214.
- VELASCO-VÁZQUEZ, J., E. MARTÍN RODRÍGUEZ, M. ARNAY-DE-LA-ROSA *et al.* (1999). Harris lines in the prehispanic population of Gran Canaria (Canary Islands). *Human Evol.* 14: 169-173.
- VERNEAU, R. (1887). La taille des anciens habitants des Iles Canaries. *Rev. d'Anthropologie* 3: 641-657.
- WALKER, P.L. & M.J. DENIRO (1986). Stable nitrogen and carbon isotope ratios in bone collagen as indices of prehistoric dietary dependence on marine and terrestrial resources in southern California. *Am. J. Phys. Anthropol.* 71: 51-61.
- WHITTAKER, D.K., T. MOLLESON & T.NUTTALL (1998). Calculus deposits and bone loss on the teeth of Romano-British and eighteenth-century Londoners. *Arch. Oral Biol.* 43: 941-948.
- WING, E.S. & A.E. BROWN. (1979). *Paleonutrition*. Orlando (Fda): Academic Press.