

# ESTRATEGIAS ALTERNAS PARA LA VALORACIÓN HISTOMORFOLÓGICA DE LA EDAD A LA MUERTE EN RESTOS ESQUELÉTICOS DETERIORADOS. APLICACIONES EN LA BIOARQUEOLOGÍA DEL ÁREA MAYA

Shintaro Suzuki<sup>1\*</sup> y Vera Tiesler<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Unidad de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF. México*

<sup>2</sup> *Facultad de Ciencias Antropológicas. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida. México*

**PALABRAS CLAVE** evaluación microscópica; métodos de estimación de edad a la muerte; osteología; diagénesis

**RESUMEN** Nuestro trabajo se enfoca en el potencial de asignar rangos de edades a la muerte a partir de la micro-metamorfosis del tejido óseo en secciones diagenéticamente alteradas. Para ello elaboramos estándares para la contabilización parcial de las microestructuras y la evaluación cualitativa del tejido histológico no descalcificado. Mostramos su potencial en tres estudios ejemplares de secciones obtenidas de los restos de tres dignatarios mayas que vivieron durante el primer milenio de nuestra era. En el primer caso, los acercamientos histológicos robustecen la aproximación

macroscópica original. Por otra parte, la discrepancia entre los diferentes resultados conduce a una discusión sobre las condiciones patológicas en el Caso 2. En el Caso 3 obtuvimos resultados macroscópicos y microscópicos similares, con lo cual mejoramos la aproximación cronovital global. Concluimos el presente ensayo discutiendo el potencial de la evaluación histomorfológica (y sus diferentes protocolos) en la asignación de la edad a la muerte de series óseas arqueológicas deterioradas. *Rev Arg Antrop Biol* 18(2), 2016. doi:10.17139/raab.2016.0018.02.05

**KEYWORDS** microscopic evaluation; age estimation methods; osteology; diagenesis

**ABSTRACT** Our study focuses on the histological assignation of age-at-death ranges to diagenetically deteriorated skeletal remains. To this end, we review age-related microscopic metamorphoses in thin sections of undecalcified bone in order to generate selective counts of microstructures and a qualitative assessment of histological tissue. In this essay, we evaluate the potential of these standards in three case studies on the deteriorated skeletal remains of three Mayan dignitaries from the first millennium CE. In the first case, the macroscopic approximation is confirmed by histologic scrutiny, while in

the second case contradicting results lead to a discussion of the individual's pathological conditions that could explain the discrepancy in specific lines of evidence. In the third specimen, the combination of macroscopic and microscopic results improved chrono-vital assignation. We conclude our work with a discussion of the potential that histomorphological evaluation (and its different protocols) holds in age-range assignment in deteriorated skeletal remains from archaeological contexts. *Rev Arg Antrop Biol* 18(2), 2016. doi:10.17139/raab.2016.0018.02.05

La histomorfometría constituye una rama cuantitativa de la histología que mide y cuenta rasgos morfológicos en secciones delgadas. Aunque fue originalmente desarrollado en el ámbito médico, ha probado ser de utilidad también en la osteología forense y en la bioarqueología, eso gracias a las técnicas especializadas que prescinden de la descalcificación (Ruff, 2000; Schultz, 2003; Tiesler et al., 2006; Robling y Stout, 2008). La histomorfológica ósea en secciones no descalcificadas ofrece posibilidades analíticas particularmente en el examen de restos incompletos y fragmentados, en los cuales no es viable aplicar estándares macroscópicos convencionales. Es también el único método que permite investigar de modo directo la historia metabólica del tejido óseo laminar (la que reconstruye a través de la exploración

de los procesos concertados y acumulativos de modelación y remodelación) para inferir la edad biológica y cronológica a la muerte.

Tal vez es por esta razón que, en la práctica, la histomorfometría de hueso no descalcificado ha encontrado su principal aplicación en la determinación histomorfométrica de la edad a la muerte (Stout y Pain, 1992; Cho y Stout, 2003; Robling y Stout, 2008). La mayoría de es-

---

Financiamiento: CONACyT (México) No. 49982, 150521; Wenner Gren Collaborative Grant (2008-2013).

\*Correspondencia a: Shintaro Suzuki. Unidad de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF (04510). México. E-mail: shintaro\_suzuki@yahoo.com

Recibido 19 Diciembre 2014; aceptado 2 Abril 2015

doi:10.17139/raab.2016.0018.02.05

tos procedimientos contabilizan el poblamiento de la matriz primaria con osteones secundarios (OPD u *Osteon Population Density*). El OPD mide la suma de osteones intactos y fragmentos del sistema haversiano por mm cuadrado, siendo el resultado final del número de activaciones y con ello el grado de remodelación.

Otras mediciones toman en cuenta el grado de remodelación de la matriz ósea y fenómenos degenerativos específicos, como son la osteopenia aguda y crónica senil (Robling y Stout, 2008). De este modo, los algoritmos de la literatura médica y antropológica traducen condiciones metabólicas a edades cronológicas. Estas usualmente se obtienen de secciones transversales de hueso largo apendicular y de tronco. Los segmentos no apendiculares, como son la clavícula y la costilla, suelen ser menos propensos a las fluctuaciones metabólicas introducidas por el régimen físico y se prefieren por tanto para estimar la edad cronológica en adultos. Nótese que la mayoría de los trabajos refiere poblaciones humanas específicas (Robling y Stout, 2008).

Recientemente, se ha desarrollado un estándar histométrico también para población mexicana yucateca (Valencia et al., 2010). El conteo se realiza en secciones transversas de costillas y comparte el protocolo originalmente desarrollado por Stout y Paine (1992). Sin embargo, y aun por la afinidad poblacional, sus aplicaciones a población yucateca y maya antigua, siguen viéndose limitadas en la práctica por problemas de diagénesis que los elementos óseos sufren durante el tiempo de exposición póstuma (Ortega y Tiesler, 2012; Suzuki et al., 2012, 2013).

El mal estado de conservación fue la motivación para el trabajo sobre histología en hueso no descalcificado que presentamos a continuación. Aquí buscamos mostrar la vialidad y el potencial analítico de una serie de protocolos para la evaluación cualitativa y cuantitativa de secciones histológicas deterioradas, como métodos alternativos a la determinación de la edad a la muerte histomorfométrica y macroscópica convencional, atendiendo de modo general las necesidades académicas en áreas de Latinoamérica donde prevalece un mal estado de conservación esquelética. Concretamente, referiremos una serie de parámetros histológicos -métricos y no métricos- en secciones delgadas y no des-

calcificadas de costilla. Combinaremos estos acercamientos con otros, más convencionales, en tres casos de estudio de osamentas arqueológicas mayas, cuyo degradado estado de conservación no permite estimaciones convencionales confiables.

## Procedimientos histomorfológicos

### *Valoración del grado de diagénesis*

Existen diversos métodos para valorar el estado de deterioro histológico en secciones delgadas. Un estándar que sigue este trabajo ha sido desarrollado por Margaret Streeter (2005; véase también Tiesler et al., 2006). Hemos encontrado de utilidad esta escala, que va de “0” (en buenas condiciones) a “4” (completamente desnaturalizado), para prospeccionar las posibilidades analíticas de estudios especiales moleculares e histológicos en la esfera Mesoamérica. Los criterios que determinan los grados de deterioro histológico se detallan en la Tabla 1.

### *Algoritmos regionalmente aplicados en la estimación de la edad*

Recientemente (Valencia et al., 2010), fue desarrollada una serie de los algoritmos histomorfométricos en la región mesoamericana. Comparte el procedimiento y selección de segmento anatómico con el método propuesto por Stout y Paine (1992). Para este estándar sirvieron secciones delgadas de la cuarta costilla de 36 individuos de edad conocida de la población yucateca moderna, y se registraron bajo microscopía de luz polarizada: la densidad de población de osteones (OPD, concentración de osteones fragmentados e intactos por milímetro cuadrado); el área cortical (AC); y el tamaño del osteón (TO). A partir de ahí, se calcularon siete algoritmos, proporcionando diferentes combinaciones de variables (Tabla 2) y se discutieron su desempeño referente a las formulas similares publicadas en la literatura. Las fórmulas basadas en el OPD de población local muestra un mejor desempeño cronovital en los extremos de la edad adulta valorable que las de Stout y Paine (1992) y mucho mejor que las de Cho et al. (2002), siempre y cuando las muestras presenten nula o muy poca alteración diagenética (los grados 0 o 1 de la escala de Streeter).

**TABLA 1.** Escala de diagénesis evaluada en secciones delgadas (Streeter, 2005)

Grado	Descripción
Grado 0	Prácticamente no hay diagénesis; se aprecian todas las estructuras y éstas se presentan intactas; la visualización de las estructuras es óptima y muy detallada lo cual permite calcular el OPD y el área promedio de los osteones.
Grado 1	Formación de cristales o invasión de hongos en áreas aisladas, usualmente ocupando espacios vacíos. El daño aún no afecta la morfología de ninguna estructura importante para la evaluación (como serían los canales de Havers, los canalículos o las lagunas de resorción). La densidad de la población de osteones (OPD) y su área promedio aún pueden ser fácilmente contabilizado.
Grado 2	Las áreas alteradas diagenéticamente son más extensas. Todavía puede realizarse una cuenta general de osteones, ya que la visualización de osteones intactos y fragmentarios es posible en la mayoría (90%) de la sección. La densidad de la población de osteones (OPD) y el área promedio de los osteones pueden ser calculados con relativa confianza.
Grado 3	Los efectos de la diagénesis obliteran las microestructuras al punto que no se pueden apreciar bien los osteones fragmentarios y entonces no se puede calcular el OPD. Sin embargo, el número de osteones intactos puede ser todavía cuantificado correctamente y es posible realizar el cálculo del área promedio de los osteones. Se pueden todavía aplicar las fórmulas para estimación de la edad que requieren solo la cuenta de los osteones intactos.
Grado 4	La obliteración completa de las micro-estructuras óseas predomina en la sección. No es posible calcular el OPD y tampoco el área promedio de los osteones.

**TABLA 2.** Algoritmos de estimación de las edades cronológicas (Valencia et al., 2010)

Algoritmo 1	Edad= $119.05 - 1,179.47 * OS - 0.84 * CA$
Algoritmo 2	Edad= $-3.07 + 1.98 * OPD - 294.76 * OS + 0.04 * CA$
Algoritmo 3	Edad= $-1.12 + 1.96 * OPD - 291.88 * OS$
Algoritmo 4	Edad= $-17.46 + 2.11 * OPD + 0.02 * CA$
Algoritmo 5	Edad= $87.28 - 1.20 * CA$
Algoritmo 6	Edad= $105.78 - 1,629.05 * OS$
Algoritmo 7	Edad= $10.258784 * \exp(0.048198 * OPD)$

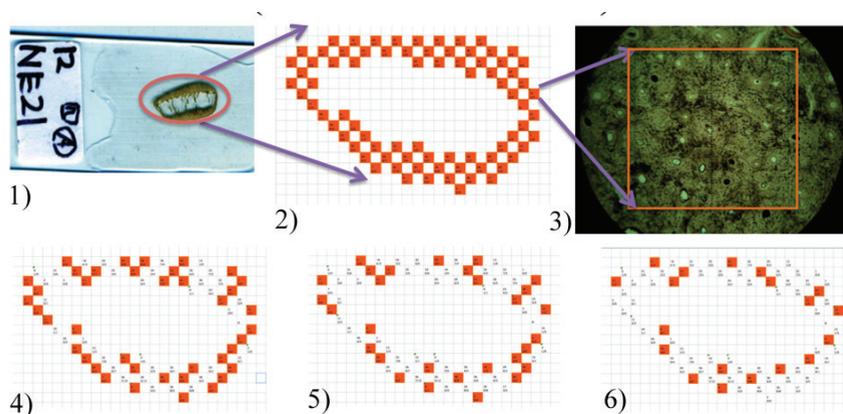
### Cuantificación parcial

Según el protocolo, el OPD, una variable más correlacionada con la edad cronológica que el tamaño de osteón o la proporción del área cortical (Valencia et al., 2010), se obtiene por una evaluación -en forma de patrón de “tabla de ajedrez”- de uno de cada dos campos de una retícula (Stout y Paine, 1992). El protocolo prescribe que el conteo se realiza dos veces para promediar los dos resultados obtenidos. Ahora bien, las muestras diagenéticamente alteradas no presentan el estado de conservación idóneo

para llevar a cabo la estrategia arriba descrita rigurosamente, obligando a descartar la muestra *per se* o valorar aplicaciones del método original que prescindan de la cuantificación de las áreas no contabilizables.

En una cuantiosa serie del sitio arqueológico de Xcambó, Yucatán, México, la cual fue objeto de una cuantificación sistemática de las micro-estructuras de costilla (N=206; véase Suzuki, 2008; Suzuki et al., 2012), realizamos una serie de lecturas “selectivas” para valorar los cambios en el funcionamiento cronovital que pudiera ocasionar el conteo parcial. En esta serie de pruebas, analizamos sólo uno de cada cuatro, seis u ocho campos microscópicos seguidos (OPD 1/4, OPD 1/6, OPD 1/8), para luego comparar los resultados obtenidos con aquellos que surgieron del protocolo original. La selección de los campos considerados era aleatoria cada vez, para simular la acción de conteo de campos “disponibles” en muestras diagenéticamente alteradas (Fig. 1).

Haciendo las confrontaciones de valores absolutos entre lo esperado (el OPD original) y lo observado (el OPD de la contabilización



**Fig. 1.** 1) Laminilla microscópica preparada, 2) “patrón de ajedrez” para la lectura, 3) campo microscópico, 4) ejemplo de la lectura selectiva 1/4, 5) ejemplo de la lectura selectiva 1/6, 6) ejemplo de la lectura selectiva 1/8.

parcial), el conteo de 1/4 se alejó menos de 1 OPD (0.74) del modo convencional en su promedio de las diferencias; y la desviación de los conteos de una sexta parte y una octava parte fue casi doble, siendo respectivamente 1.36 y 1.37. El error estándar de las estimaciones en cada cuarto campo, calculado como desviación estándar de residuos, muestra una variabilidad de casi un OPD (0.92), mientras que los dos otros acercamientos muestran una variabilidad de 1.77 y 1.80. Cuando se tradujeron estos valores de OPD a edades estimadas a través de la fórmula de regresión de yucateca (Valencia et al., 2010) y al compararlas con aquellas obtenidas por el OPD original, promedió 1.86 años de error en los conteos de 1/4, eso casi duplicándose lógicamente en los acercamientos de 1/6 y 1/8 al alcanzar 3.56 y 3.45 años. Así que, pese a que todavía habría que sumar el margen de error que produce propiamente el conteo estándar, los rangos de variabilidad finales que se esperarían al aplicar los conteos selectivos se apreciaron relativamente reducidos, siendo menores a los 5 años ya sea arriba o bajo. Es decir, la reducción de los campos analizados aparentemente no invalidaba el método en sí y tampoco genera mayores sesgos sistemáticos que obligaran la reconsideración de las clases de edad.

Por lo anterior podemos concluir que, aunque sean menos exactas que los resultados convencionales, los conteos selectivos deben posibilitar valoraciones histomorfométricas aun en matrices óseas que no presentan un buen estado

de conservación (grados en la escala de Streeter entre 2-3).

### *Observación no-métrica de la micro-metamorfosis*

A lo largo de nuestros propios estudios histomorfológicos en muestras mesoamericanas (Suzuki, 2008; Tiesler et al., 2008; Suzuki et al., 2011) hemos observado una progresión y un ritmo relativamente constante de remodelación periosteal, cortical y endosteal en el adulto conforme avanza la edad. Seguidamente, presentamos una síntesis de nuestras observaciones de secciones de costilla no descalcificada (Suzuki et al., 2012, 2013), ahora validada estadísticamente en una muestra local moderna con edad a la muerte conocida (Suzuki y Pérez, 2013).

Primeramente, se dividió el corpus de 35 individuos, procedentes de dos cementerios, uno del Estado de Yucatán y otro del Hidalgo, México, en tres grupos cronoviales según el registro civil. En la muestra conocida diferenciamos edades adultas jóvenes (menores a 35 años) de edades medias (entre 36 y 50 años) y edades maduras (más que 51 años). Posteriormente, en cada uno de los individuos se registraron tres características microscópicas que se habían identificado previamente como los criterios principales en la progresiva metamorfosis por edad. Finalmente, fue examinada la frecuencia de dichos rasgos: primero, los niveles de la secuencia alcanzados acorde con los grupos de edad (eso para entender cuándo ocurre el cambio más

fuerte de remodelación); segundo, los grupos de edad referente a los niveles de la metamorfosis, a fin de determinar cuál era el cambio que se expresa de modo más notable. De tal manera, se logró establecer un algoritmo cualitativo que se resume en la Tabla 3 (Fig. 2).

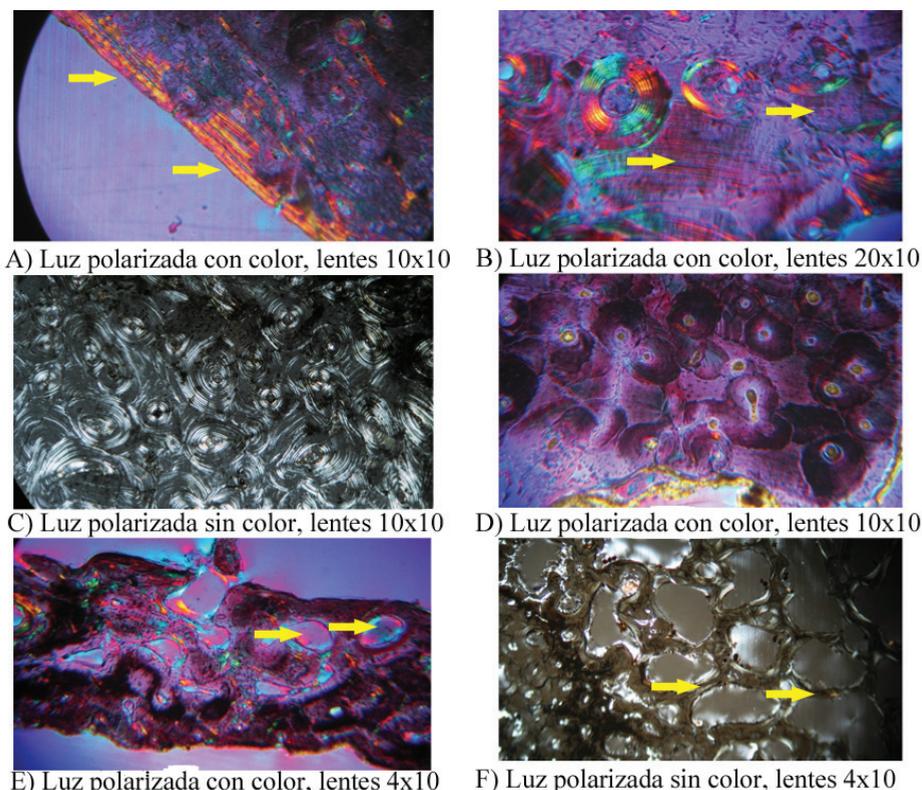
## RESULTADOS

### Estudios de caso en la arqueología mayista

En la primera parte del trabajo hemos sintetizado diferentes aplicaciones de la histología

**TABLA 3.** Características cualitativas, sus criterios y los rangos de edad correlacionados

Característica 1: Pérdida del tejido laminar primario en secciones perióstica y perimedular			
	Criterio 1: Tejido dominante	Criterio 2: Condición del contorno	Aporte cronovital
Nivel 1 (Fig. 2A)	Laminar primario con contados osteones intactos, incluyendo algunos flotantes	Más que 30% del presenta el tejido laminar concentrado	Correlaciona con una edad joven con significancia ( $p < 0.05$ )
Nivel 2	Tejido secundario remodelado, con huellas visibles del tejido laminar concentrado (ver Fig. 2D)	Menos de 30% presenta el tejido laminar concentrado	Correlaciona con una edad media con significancia ( $p < 0.05$ )
Nivel 3	Tejido densamente remodelado (ver Fig. 2C)	Menos de 5% presenta el tejido laminar concentrado	
Característica 2: Remodelación general			
	Criterio global		Aporte cronovital
Nivel 1 (Fig. 2B)	El tejido laminar “concentrado” con diversos tipos de osteones, ya sea secundario, flotante o primario, observándose como “parches” en la “lona” del tejido laminar		Correlaciona con una edad media con significancia ( $p < 0.05$ )
Nivel 2 (Fig. 2C)	Tejido secundario remodelado, con huellas visibles del tejido laminar concentrado		
Nivel 3 (Fig. 2D)	Tejido densamente remodelado. La unidad mínima a partir de la cual se consideró la presencia del tejido densamente remodelado, construía una retícula definido por el aumento 20x10, completamente llena de los osteones secundarios.		Correlaciona con una edad madura con significancia ( $p < 0.05$ )
Característica 3: Osteoporosis degenerativa			
	Rasgos microscópicos: absorción, trabecularización y/o formación de lagunas (Figs. 2E, F)		Aporte cronovital
Ausente	No se reconoce ninguna de las características		Sugiere una edad joven ( $p < 0.10$ )
Presente	Presente al menos una de las características		



**Fig. 2** Imágenes originalmente presentados en Suzuki et al., 2013:160. A) Tejido laminar concentrado en la región perióstica, <30%, B) tejido laminar concentrado dominando la mayoría de la sección, C) tejido densamente remodelado sin ninguna huella visible del tejido laminar, D) tejido secundario remodelado con huellas visibles del tejido laminar concentrado, E) formación de lagunas, F) trabecularización del tejido cortical.

en la determinación de la edad a la muerte. Nos hemos enfocado en esta faena a restos alterados por diagénesis, que suele limitar las aplicaciones de los protocolos convencionales de conteo. Llevaremos ahora a la práctica los procedimientos arriba detallados, abocándonos a la casuística de osamentas de dinastas mayas del primer milenio de Nuestra Era. Cada espécimen muestra un estado de conservación deteriorado, tanto macroscópico como histológico, restringiendo las posibilidades de determinación de la edad a la muerte y con ello generando polémica a la hora de confrontar los resultados físicos con la información de las antiguas inscripciones glíficas mayas (Martin y Grube, 2008).

El análisis osteológico comenzó en cada caso con la obtención de los datos biográficos básicos, aplicando los criterios establecidos en la literatura (Buikstra y Ubelaker, 1994; Bass, 2005; White et al., 2012). Para la determinación del sexo consideramos siempre la robustez general del esque-

leto. De ser disponibles, también se recurrieron tanto a los criterios cualitativos del cráneo y de la pelvis para la asignación del sexo y de la edad a la muerte. En esta última fueron evaluados concretamente las condiciones generales de maduración/desgaste del esqueleto, el cierre de las epífisis, la atrición dental, la metamorfosis de la sínfisis púbica, así como el aspecto de la obliteración de las suturas craneanas.

En adelante referiremos las evaluaciones y resultados histológicos obtenidos en los tres casos bajo estudio.

### **Caso 1: Chiapa de Corzo, Tumba 1**

Se trata de una osamenta localizada en una cámara funeraria del Montículo 1, en el Centro del sitio prehispánico chiapaneco (Agrinier, 1964). Pese al saqueo antiguo del que había sido objeto, el enterramiento aún mostró un excepcionalmente exclusivo ajuar funerario que

incluía numerosas piezas de concha importada, jade y obsidiana, fémures humanos tallados, dientes de tiburón, una base de yeso para un mosaico de concha, orejeras de mosaico de hematita. La destacable ofrenda ha incentivado especulaciones en la academia sobre el rol del ocupante en la temprana dinastía que reinaba el área y su capital.

### **Valoración macroscópica de la edad a la muerte**

El esqueleto, de sexo masculino, se encontró regularmente conservado. No fue posible aplicar los métodos de estimación macroscópica de la edad a la muerte en los huesos iliacos debido al deterioro de los segmentos correspondientes. Con base en la observación de las suturas craneanas, los indicios macroscópicos de la osteoporosis incipiente, la atrición dental y la involución mandibular avanzada, se asignó un rango tentativo de edad adulta madura o senil.

### **Valoración histológica de la edad a la muerte**

La alteración diagenética avanzada (*grado 3*) invalidó la cuantificación convencional del OPD y del tamaño de osteón en costilla, por lo que fueron recurridas la proporción de área, la evaluación parcial del OPD y una serie de criterios no-métricos. Se llevó a cabo a medición digital de las áreas cortical, medular y total. Asimismo, se calculó el porcentaje del área cortical del área total en dos secciones (Tabla 4). El porcentaje promediado se introdujo a una fórmula de regresión desarrollado para estimar la edad a la muerte en población yucateca moderna (Valencia et al., 2010), dando como resultado una estimación de 54.72 años con un error estándar de 12.41 años. Agregamos que no se

apreciaron canales no-haversianos (“osteones primarios”) en la evaluación selectiva de los osteones y la proporción de fragmentos fue elevado con relación al número de osteones intactos, por lo que pensamos que la asíntota de remodelación se ha alcanzado o incluso rebasado, indicando que el tejido está completamente remodelado y en partes re-remodelado. Este fenómeno *per se* señala una edad mayor a los 50 años (White et al., 2012).

La valoración cualitativa de secciones de costilla presentó osteoporosis degenerativa crónica a la observación, expresándose en una fuerte trabecularización del tejido cortical y en la formación de lagunas de absorción (característica 3: presente, edad no joven; Fig. 3). En las franjas externas del hueso cortical, el sustrato óseo se notaba con un grado avanzado de remodelación (característica 1: nivel 3, edad media o mayor); y se reconocieron diversos campos “densamente” remodelados en la matriz (característica 2: nivel 3, edad madura).

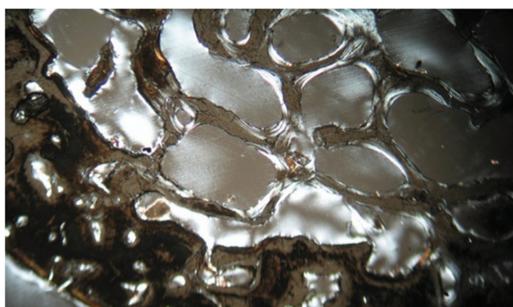
Las consideraciones cuantitativas y cualitativas, arriba expuestas, convergen en un mismo resultado de la edad macroscópica madura o senil que fue asignada tentativamente, y así robustecen la confiabilidad de ella, probablemente rebasando a los cincuenta años de edad al morir.

### **Caso 2: Palenque, Entierro XVIII-A Tumba 3, Individuo 44**

Nuestro siguiente caso procede de la Cámara Funeraria 3, encontrada en el núcleo de la estructura XVIII del sitio maya de Palenque (García Moll, 2007). Entre las dos osamentas recuperadas de este recinto funerario nos enfocamos en el personaje principal, cuya edad a la muerte e identidad ha causado debate en la

**TABLA 4.** Resultado de medición de áreas de las muestras de la Tumba 1 de Chiapa de Corzo, México

	Área total (mm <sup>2</sup> )	Área medular (mm <sup>2</sup> )	Área cortical (mm <sup>2</sup> )	Porcentaje del área cortical
Costilla 1	50.673	36.869	13.804	27.24%
Costilla 2	51.733	37.751	13.982	27.03%
Promedio	51.203	37.310	13.893	27.13%



**Fig. 3.** Vista microscópica del Caso 1: Trabecularización en sección ósea transversal de Chiapa de Corzo, Tumba 1. Luz polarizada sin color, lente10x10.

academia (Cuouh, 2013). Nótese que acorde con el texto asociado al Templo, la osamenta ha sido identificada presumiblemente como “Tiwol Chan Mat”, uno de los hijos del famoso gobernante K’inich Janaab Pakal, quien en vida dominó la escena política Maya durante gran parte del séptimo siglo de nuestra era. Su hijo, Tiwol Chan Mat, falleció a una edad de 32 años, aún durante el régimen de su padre, si creemos las inscripciones. Así es probable que el mismo Janaab Pakal habrá revisado personalmente la sepultura de su hijo en el Templo XVIII (Martin y Grube, 2000:172).

### *Valoración macroscópica de la edad a la muerte*

El estado de conservación de los restos, que en vida pertenecieron a un hombre, iba de regular a bueno. Los métodos convencionales macroscópicos ubicaron la edad a la muerte como juvenil o adulta joven, entre los 15 y los 25 años. Los criterios morfológicos considerados al efecto correspondían la falta de salida del tercer molar y el estado del cierre de las epífisis de las clavículas, las características de la sínfisis púbica,

así como la casi nula abrasión dental. Importa recordar que esta estimación cronovital discrepaba con la edad epigráficamente determinada (en el caso de tratarse efectivamente del personaje arriba mencionado).

### *Valoración histológica de la edad a la muerte*

El estudio histomorfológico no proyectó la joven edad a la muerte que la macroscopía había sugerido. Si bien el estado avanzado de la alteración diagenética (grado 3-4) no permitió la contabilización de las microestructuras, tampoco la parcial, el análisis de la proporción de área dio un estimado de 53.90 años con un error estándar de 12.41 años (Tabla 5), aplicando la fórmula de regresión desarrollada por Valencia y sus colegas (2010).

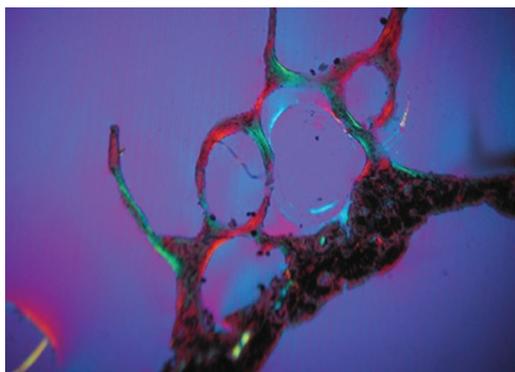
El estudio cualitativo del mismo fragmento diafisiario evidenció una osteoporosis avanzada, la cual se hacía patente en forma de trabecularización y por consiguiente adelgazamiento cortical (Fig. 4) mostrando la formación de lagunas de resorción de diferentes tamaños (característica 3: presente, edad no joven). Aun por esta condición, se reconoció la permanencia de algunas franjas de matriz primaria en el borde periosteal (característica 1: nivel 1-2, edad joven-media).

En conjunto, los marcadores analizados resaltan discrepancia, concretamente entre el estado de la osteopenia y el reducido grado de la remodelación. Al colocar nuestro aporte entre la edad macroscópica y la epigráficamente interpretada, la situación cronovital del caso se vuelve aun más complicada. Al considerar que la naturaleza imperfecta del proceso de la estimación de la edad a la muerte *per se* (Meindl y Russel, 1998); y al revisar posibles alteraciones en el metabolismo óseo que pudieran explicar las particularidades del caso que nos

**TABLA 5.** Resultado de medición de las áreas de las muestras del Entierro XVIII A T. 3 (44). Palenque, México

	Área total (mm <sup>2</sup> )	Área medular (mm <sup>2</sup> )	Área cortical (mm <sup>2</sup> )	Porcentaje del área cortical
Costilla 1	65.839	47.27	18.569	28.20%
Costilla 2	65.155	47.298	17.857	27.41%
Promedio	65.497	47.284	18.213	27.81%

ocupa, debemos tomar en cuenta factores que atañen el grupo étnico, estilo de vida, la dieta, factores hereditarios y una serie de condiciones patológicas. Entre las últimas, cuentan algunas enfermedades que surten efecto a nivel esquelético, tales como la diabetes, la cirrosis hepática, las enfermedades crónicas de riñón (Eriksen, 1991:173) y la pelagra por carencia de niacina (Paine y Brenton, 2006: 489), que modifican significativamente la tasa de remodelación alternativamente, hacia arriba o abajo. También factores mecánicos, como la falta de movilidad, pueden contribuir una osteoporosis prematura por falta de carga y atrofia. Quizá éste sea el caso en el hombre de la Tumba 3, quien sabemos sufría de escoliosis y lordosis grave de su espina dorsal (*cf.* Ortner, 2003), conllevando a la fusión de segmentos vertebrales y inmovilización de su caja torácica, siendo la parte de donde se muestreó el segmento analizado para el presente estudio. Así, las discrepancias entre el grado de remodelación del sustrato óseo y el adelgazamiento de la capa cortical, podría indicar que el individuo de procesos degenerativos o de osteopenia prematuros por condiciones patológicas específicas como expusimos. Por las mismas alteraciones en el tronco y por tanto en su estilo de vida, nos preguntamos si los criterios en la pelvis y en las clavículas, que fundamentan la asignación de edad macroscópica, tengan validez. En todo caso, nos parece prudente elevar y abrir el rango de edad, para asignar una estimación crono-



**Fig. 4.** Vista microscópica del Caso 2: Palenque, Entierro XVIII-A Tumba 3. El Individuo 44 muestra reducción del tejido cortical. Luz polarizada, con color, lente 4x10.

vital conjunta entre los 20 años y los 35 años, dando pie a futuras discusiones arqueológicas sobre el caso (Cuouh, 2013).

### **Caso 3: Dzibanché, Cámara Funeraria Sur del Templo del Cormorán**

El último caso a tratar corresponde a restos mal conservados, que se encontraron en una cámara funeraria central del Templo del Cormorán del sitio arqueológico de Dzibanché. Las interpretaciones tanto epigráficas como arqueológicas han identificado la osamenta como los restos del gobernante Testigo Cielo, quien en vida llegó a reinar probablemente tan solo unos diez años, desde del año 561 hasta el 572 (Velásquez, 2008).

#### *Valoración macroscópica de la edad a la muerte*

El deterioro de los restos esqueléticos, de sexo masculino, no permitieron aplicar las metodologías tradicionales a las estructuras de las alas pélvicas. Los marcadores secundarios recalcan una edad adulta relativamente joven alrededor de 30 años, eso con base en el estado de cierre de la suturas craneanas (abiertas) y el reducido desgaste dental.

#### *Valoración histomorfología de la edad a la muerte*

Si bien la afectación diagenética (grado 2-3) de la muestra de costilla no permitía la aplicación convencional de ninguno de los protocolos histomorfométricos establecidos, el estimado de población osteónica basada en conteos selectivos dio un resultado de OPD 23.17. Al aplicar la fórmula de estimación de edad de Stout y Paine (1992), este valor se convirtió en una edad de 33.84 años, en tanto que la fórmula desarrollada por Valencia et al. (2010) traducía una edad a la muerte más probable de 31.34 años. Esto complementó por la determinación del tamaño promedio de osteón y el cálculo del porcentaje del cortical (Tabla 6), agregando sus aportes respectivamente los 43.88 años y una edad promedio por encima de los 40 años (Costilla 1=40.05 años, Costilla 2=42.26 años).

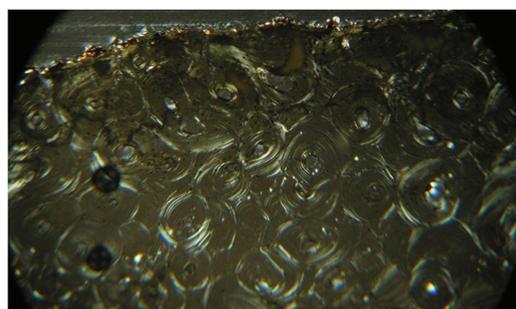
Los parámetros complementarios de la cualificación no dieron indicios de osteoporosis degenerativa (característica 3: ausente, edad joven); sin embargo, las condiciones globales de

**Tabla 6.** Medidas histológicas, correspondientes al Entierro 2 de la Cámara Sur: Dzibanché, México

	OPD (/mm <sup>2</sup> )	Tamaño de osteón (mm <sup>2</sup> )	Área total (mm <sup>2</sup> )	Área medular (mm <sup>2</sup> )	Área cortical (mm <sup>2</sup> )	Porcentaje del área cortical
Costilla 1A	23.17	0.035	80.995	49.293	31.702	39.14%
Costilla 1B		0.040	80.847	48.791	32.056	39.65%
Ent. C.S., E.2 Promedio	23.17	0.038	80.921	49.042	31.879	39.40%
Costilla 2A			105.14	65.947	39.193	37.28%
Costilla 2B			105.02	65.399	39.622	37.73%
Promedio			105.08	65.673	39.407	37.51%

la remodelación ostentaba el tejido altamente remodelado en diversa área de la sección (característica 2: nivel 3, edad madura, Fig. 5), restando una porción de tejido laminar primario menor a los 5 por ciento.

Así que en este caso obtuvimos una amplia distribución de las edades histológicas de distintas estrategias entre los 30 años hasta unos 50 años. Evidentemente, ninguno de los acercamientos que nos ocupan es exacto. Por tanto pensamos, por principio, que los resultados deberán ser respetados igualmente en el proceso de asignación cronovital, eso para cubrir más distintas posibilidades de la expresión osteológica del envejecimiento. Sin embargo, al considerar nuevamente la distribución, observamos una mayor tendencia en un rango entre los 30 y los 40 años. De hecho, únicamente la característica 2 de la evaluación cualitativa sugirió una edad mayor a 50 años. Por ende, tras nuestra evaluación histológica, consideramos más sensato colocar la



**Fig. 5.** Vista microscópica del Caso 3: Cámara funeraria al sur del Templo del Cormorán, Dzibanché. La sección presenta tejido secundario densamente remodelado. Luz polarizada sin color, lente 10x10.

edad a la muerte del individuo dentro de la cuarta década vital, abriendo/corrigiendo así el rango original de edad macroscópica quizá hasta los 40 años. De tal modo, sugerimos unos años más de la vida pre-gobernante del individuo, alimentando la discusión sobre el curso vital por donde el personaje alcanzó al poder dinástico.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Lamentablemente, osamentas bien conservadas constituyen la excepción en la práctica bioarqueológica (y también la forense), razón por la cual los estándares macroscópicos e histológicos convencionales se encuentran limitados a menudo en sus aplicaciones de estimación de la edad a la muerte (Suzuki et al., 2013). En los reportes osteológicos, las asignaciones de los rangos de edad a la muerte con marca de interrogante son comunes al igual que afirmaciones categóricas de “edad adulta”. Por esta situación, la histomorfometría del hueso no descalcificado surgió ofreciéndose en la bioarqueología regional como método alterno que podría mejorar las perspectivas analíticas (Romano et al., 1974; Pijoan et al., 1999, 2004; Tiesler et al., 2006); pues la metodología permite una aproximación a partir tan solo de unos fragmentos óseos. Sin embargo, el problema de la conservación permea también la histología, cuya exploración se ve limitada por la diagénesis (concretamente la sustitución de la matriz orgánica con sustrato exógeno), impidiendo así el aprovechamiento de la técnica (Suzuki 2008).

Este dilema dio el punto de partida y a la vez motivo de desarrollar un estándar histomor-

fológico aplicable en muestras arqueológicas degradadas. En el curso de los estudios anteriores encaminados observamos una secuencia de micro-metamorfosis ósea a la par con cierta uniformidad de su ritmo de transformación (Suzuki, 2008; Suzuki et al., 2012, 2013; Suzuki y Pérez, 2013). Si bien nuestros estándares no son precisos, sí parecen más aplicables que los protocolos convencionales al permanecer al alcance también en restos cuyas condiciones no permitiría su valoración histológica por sí solo sino únicamente combinando y confrontándolas con las valoraciones alternas arriba descritas, tal como lo expusimos en los tres estudios de caso.

Como deseamos ilustrar, cada una de las osamentas ofrece distintas perspectivas en la estimación macroscópica y guarda particularidades de conservación y análisis propias. En el Caso 1, procedente del sitio Chiapa de Corzo, concluimos que la estrategia histomorfológica robusteció la aproximación macroscópica; pues al coincidir una diversidad de acercamientos en un resultado, la interpretación que se arroja es más sólida y confiable (Walker, 2008). Mientras tanto, nuestro aporte microscópico en el Caso 2 de Palenque fue abriendo discusión en vez de confirmar el acercamiento macroscópico inicial, obligándonos a tomar en cuenta las condiciones patológicas del personaje. Finalmente, en el Caso 3 los resultados de las estrategias histomorfológicas y histomorfométricas se complementaban, condición que llevó a un ajuste en el rango de edad más probable. En conjunto, la combinación de las estrategias histomorfológicas arriba expuestas, benefició la discusión de los tres casos de diferentes formas y así arrojó nuevas perspectivas en su valoración histórica y fisiológica.

En este sentido concluimos también nuestro ensayo al hacer hincapié sobre la importancia del concepto de la “combinación de indicios menores para la reconstrucción de una perspectiva mayor”, como la estrategia más apropiada para estimar una edad a la muerte tanto en la osteología antropológica, bioarqueología y seguro está, la forense. Recordemos que ningún método cronovital es confiable aisladamente. Aunque tengamos una edad a la muerte bien sostenida por los estándares establecidos, ya sea macroscópicos o microscópicos, la edad “determinada” no puede considerarse como edad real por sus propias limitantes e inexactitudes inhe-

rentes. Consideramos por tanto que la diversidad en acercamientos analíticos (que cubran diversas expresiones de la variabilidad humana en el envejecimiento) beneficiará tanto la exactitud como la precisión de las estimaciones cronovitales, sobre todo en las muestras arqueológicas degradadas que prevalecen en muchas áreas de Latinoamérica y otras partes del mundo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Mtro. José Antonio Pompa y Padilla y la Dirección de Antropología Física, INAH, a la Dra. Adriana Velázquez, Centro INAH Quintana Roo, al Dr. Enrique Nalda y a la Dra. Sandra Balanzario (Proyecto Arqueológico Sur de Quintana Roo, INAH). Estamos en deuda también con el comité editorial y los evaluadores de la Revista Argentina de Antropología Biológica por sus nutritivos comentarios que enriquecieron la discusión de nuestro trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Agrinier P. 1964. The archaeological burials at Chiapa de Corzo and their furniture. New World Archaeological Foundation 16. Provo: Brigham Young University.
- Bass WM. 2005. Human osteology: a laboratory and field manual. 5ta. ed. Special Publication No. 2. Columbia: Missouri Archaeological Society.
- Buikstra JE, Ubelaker DH. 1994. Standards for data collection from human skeletal remains. Arkansas Archaeological Survey Research Series no. 44. Fayetteville: Arkansas Archeological Survey.
- Cho H, Stout SD, Madsen RW, Streeter M. 2002. Populations specific histological age estimating method: model for known African-American and European-American skeletal remains. *J Forensic Sci* 47(1):12-18.
- Cho H, Stout SD. 2003. Bone remodelling and age-associated bone loss in the past: A histomorphometric analysis of the imperial roman skeletal population of Isola Sacra. En: Argarwal SC, Stout SD, editores. Bone loss and osteoporosis. An anthropological perspective. New York: Kluwer/Plenum. p 207-228. doi:10.1007/978-1-4419-8891-1
- Cuouh L. 2013. Bioarchaeological analysis of a royal burial from the oldest maya tomb in Palenque, Mexico. *Int J Osteoarchaeol Online*. doi:10.1002/oa.2338
- Erickson MF. 1991. Histologic estimation of age at death using the anterior cortex of the femur. *Am J Phys Anthropol* 84:171-179. doi:10.1002/ajpa.1330840207
- García Moll R. 2007. Palenque 1947-1958. Alberto Ruz Lhuillier. México DF: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Martin S, Grube N. 2008. Chronicle of the Maya kings and queens; deciphering the dynasties of the ancient Maya. London: Thames and Hudson.
- Meindl RS, Russell KF. 1998. Recent advances in method and theory in paleodemography. *Annu Rev Anthropol* 27:375-399. doi:10.1146/annurev.anthro.27.1.375

- Ortega Muñoz A, Tiesler V. 2012. Condiciones de enterramiento y diagénesis en contextos funerarios mayas de la península de Yucatán. Una visión desde la histomorfología. En: Tiesler V, editora. Aplicaciones histomorfológicas en el estudio de restos humanos. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán. p. 33-61.
- Ortner DJ. 2003. Identification of pathological conditions in human skeletal remains. Washington DC: Smithsonian Institution Press.
- Paine RR, Brenton B. 2006. The paleopathology of pellagra: investigating the impact of prehistoric and historical dietary transitions to maize. *J Anthropol Sci* 84:125-135.
- Pijoan Aguadé CM, Schmidt-Schultz TH, Mansilla J. 1999. Infant diseases in pre-columbian Mexico: the urban population from la Ventilla-Teotihuacán. *Am J Phys Anthropol Annual Supplement* 28:46.
- Pijoan Aguadé CM, Schultz M, Mansilla J. 2004. Estudio histológico de las alteraciones térmicas en el material óseo procedente de Tlatelcomila, Tetelpan, D. F. En: Pijoan Aguadé CM, Lizarraga Cruchaga X, editores. Perspectiva tafonómica. Evidencias de alteraciones en restos óseos del México prehispánico. Colección Científica N° 462, Serie Antropología Física. México DF: Instituto Nacional de Antropología e Historia. p. 109-127.
- Robling AG, Stout SD. 2008. Histomorphometry of human cortical bone: applications to age estimation. En: Katzenberg MA, Saunders SR, editores. *Biological anthropology of the human skeleton*. New Jersey: Wiley-Liss. p. 149-182. doi:10.1002/9780470245842
- Romano Pacheco A, Villalobos Romero F, Balcorta Lazarini A. 1974. Investigaciones en paleohistología antropológica (comunicación preliminar). *Acta Médica* 10(40):173-186.
- Ruff CB. 2000. Biomechanical analyses of archaeological human skeletons. En: Katzenberg MA, Saunders SR, editores. *Biological anthropology of the human skeleton*. New York: Wiley-Liss. p. 71-102.
- Schultz M. 2003. Light microscopic analysis in skeletal paleopathology. En: Ortner DJ, editor. *Identification of pathological conditions in human skeletal remains*. Washington DC: Smithsonian Institution Press. p. 73-108.
- Streeter M. 2005. Histomorphometric characteristics of the subadult rib cortex: normal patterns of dynamic bone modeling and remodeling during growth and development. Tesis doctoral. University of Missouri, Columbia.
- Stout SD, Paine RR. 1992. Brief communication: histological age estimation using rib and clavicle. *Am J Phys Anthropol* 87:111-115. doi:10.1002/ajpa.1330870110
- Suzuki S. 2008. Mortalidad en la población del sitio clásico de Xcambó, Yucatán. Un acercamiento histomorfológico. Tesis de Maestría en Antropología Esquelética. Mérida. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Suzuki S, Tiesler V, Cucina A. 2011. Nuevas estrategias en la evaluación de la edad a la muerte en poblaciones esqueléticas: La histomorfología de dignatarios mayas de México (Calakmul, Ek Balam) y del sureste del Petén (Atlas Arqueológico). En: Laporte JP, Arroyo B, Mejía HE, editores. XXIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala 2010. Guatemala: Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia, Asociación Tikal. p. 1008-1017.
- Suzuki S, Tiesler V, Cucina A. 2012. La determinación histomorfológica de la edad a la muerte en muestras mayas degradadas. Un acercamiento integral. En: Tiesler V, editora. Aplicaciones histomorfológicas en el estudio de restos humanos. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán. p. 191-214.
- Suzuki S, Tiesler V, Nakamura S. 2013. Nueva estrategia en la estimación de la edad a la muerte: aplicaciones histomorfológicas en la arqueología de las Tierras Bajas Mayas y un estudio de caso del sitio arqueológico de Copán, Honduras. *Estudios de antropología biológica* 14:153-169.
- Suzuki S, Pérez K. 2013. Aplicaciones histomorfológicas en la determinación de la edad a la muerte. Valorando patrones metabólicos en la serie esquelética documentada del cementerio de Xoclán, Mérida, Yucatán. *Actas del XVI Coloquio Internacional de Antropología Física Juan Comas, Colima, Colima, México*.
- Tiesler V, Cucina A, Streeter M. 2006. Manual de histomorfología en hueso no descalcificado. Mérida: Serie de manuales, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Tiesler V, Suzuki S, Stout SD, Streeter M. 2008. Testing histological age determination techniques on prehispanic Maya skeletal populations. *Am J Phys Anthropol. Annual Meeting Special Issue*, S46:135.
- Valencia Pavón M, Cucina A, Tiesler V. 2010. New formulas to estimate age at death in Maya populations using histomorphological changes in the fourth human rib. *J Forensic Sci* 55:473-477. doi:10.1111/j.1556-4029.2009.01265.x
- Velásquez E. 2008. Los posibles alcances territoriales de la influencia política de Dzibanché durante el Clásico temprano: Nuevas alternativas para interpretar las menciones históricas sobre la entidad política de Kan. En Liendo R, editor. *El territorio maya. Memoria de la Quinta Mesa Redonda de Palenque*. México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia. p. 323-352.
- Walker PL. 2008. Bioarchaeological ethics: a historical perspective on the value of human remains. En: Katzenberg MA y Shelley RS, editores. *Biological anthropology of the human skeleton*. New Jersey: Wiley-Liss. p 3-40. doi:10.1002/9780470245842
- White TD, Black MT, Folkens PA. 2012. *Human osteology*. San Diego: Academic Press.