

ESTUDIOS DE ANTROPOLOGÍA BIOLÓGICA

VOLUMEN XVIII (1)

Editores

Bernardo Adrián Robles Aguirre

Maía Elena Sáenz Faulhaber

Liliana Torres Sanders



Instituto Nacional
de Antropología
e Historia

 **CONACULTA**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
ASOCIACIÓN MEXICANA DE ANTROPOLOGÍA BIOLÓGICA
MÉXICO 2016

ANÁLISIS CUALITATIVO DE LA MICROMETAMORFOSIS COMO UNA ALTERNATIVA HISTOLÓGICA DE LA ESTIMACIÓN CRONOVITAL; UNA EVALUACIÓN EN LAS MUESTRAS CON EDADES A LA MUERTE CONOCIDAS

Shintaro Suzuki

Center for Cultural Resource Studies, Institute of Human and Social Sciences, Kanazawa University, Japan
Centro de Investigaciones Arqueológicas y Antropológicas, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala

RESUMEN

Actualmente existen diversos métodos tanto macroscópicos como microscópicos que permiten estimar la edad a la muerte de los esqueletos adultos con una buena precisión. Sin embargo, el mal estado de conservación casi generalizado de los restos arqueológicos, especialmente de las Tierras Bajas Mayas, impide aprovechar esos métodos originarios del ámbito forense de modo riguroso. La antropología forense busca la precisión más alta con una premisa del estado de conservación impecable; sin embargo, lo que en arqueología se requiere realmente reside más bien en un método “robusto”, ampliamente aplicable en las osamentas degradadas. Ante esta situación se ofrece la “valoración cualitativa” de la trama histológica. A lo largo de nuestros estudios hemos determinado cinco características histomorfológicas que se pueden reconocer y registrar hasta en las osamentas más degradadas. El presente trabajo valida estas cinco características en una muestra con edad de muerte conocida. A través de nuestros resultados se espera consolidar el concepto de la cualificación de la micrometamorfosis y darlo a conocer como un método alternativo.

PALABRAS CLAVE: Estimación cronovital, método microscópico, análisis cualitativo, osamentas degradadas, restos arqueológicos.

ABSTRACT

Currently, there are various methods both macroscopic and microscopic, which allow estimating the adult age-at-death with a good accuracy. However, the poor preservation of the archaeological remains prevents us making a good use of these methods from the forensic field, especially in the Maya Low Lands bioarchaeology. In reality, the forensic anthropology seeks for the highest accuracy based on a good preservation, however, what is really required in the archeology is a “robust” method, widely applicable in the degraded bones.

In this situation, we offer the “qualitative assessment” of the bone histological structure. We have determined five histomorphological features in our previous studies, and they can be recognized and recorded even in the most degraded burials. The main objective of this paper lies in examination of those histomorphological features in a modern/colonial sample with known age-at-death. Through our results, we hope to consolidate the concept of the qualification of the micro-metamorphosis and to let it to be known as a new alternative method of age-at-death determination.

KEYWORDS: Age-at-death determination, microscopic method, qualitative analysis, poor preserved bones, archaeological remains.

INTRODUCCIÓN

Conocer la información biográfica básica de las osamentas constituye el primer paso de cualquier investigación bioarqueológica. El sexo y la edad son identidades fundamentales con base en las cuales cada individuo asume sus funciones y responsabilidades sociales (Díaz-Andreu *et al.* 2005). Si bien, hoy en día el sexo biológico puede “determinarse” mediante estudios especiales (Stone 2000), el reconstruir la edad adulta a la muerte todavía no cuenta con acercamientos plenamente satisfactorios (Meindl y Russel 1998), especialmente al tratarse de restos arqueológicos.

En la última década se han desarrollado nuevos métodos macroscópicos de buena precisión en el ámbito forense, con base en medidas multifactoriales y cálculos estadísticos (Boldsen *et al.* 2002). Sin embargo, son aplicables siempre y cuando el esqueleto esté completo y en buen estado de conservación, lo cual no es usual en el campo práctico de la arqueología.

Por otra parte, la histomorfometría, una técnica microscópica que examina las secciones delgadas, también permite estimar la edad adulta al fallecer con una alta confiabilidad (Robling y Stout 2000, 2008). El método fue ajustado para nuestra población mesoamericana (Romano 1974; Pijoan *et al.* 1999, 2004; Tiesler *et al.* 2006) y ha proporcionado diversas contribuciones a lo largo de la última década (Suzuki 2008; Tiesler *et al.* 2008). Empero, las aplicaciones se siguen viendo limitadas por la diagénesis, sobre todo en los restos arqueológicos. Dado que la histomorfometría pide una cuantificación completa de las microestructuras, no puede aplicarse en muestras con alteraciones (Streeter 2004), aunque sean parciales. Es decir, el mal estado de conservación casi generalizado de las osamentas arqueológicas, especialmente de los Tierras Bajas Mayas, impide aprovechar los métodos originarios del ámbito forense de manera rigurosa. En

realidad, la antropología forense busca la precisión más alta con una premisa del estado de conservación impecable, sin embargo, lo que se requiere realmente en la arqueología reside más bien en un método “robusto”, ampliamente aplicable en las osamentas degradadas.

Bajo esta perspectiva general, hemos tratado de desarrollar un nuevo sistema de evaluación microscópica. A lo largo de trabajos anteriores en diversas colecciones arqueológicas relativamente bien conservadas (Tiesler *et al.* 2008; Suzuki 2008; Suzuki *et al.* 2009) hemos observado cómo se va modificando cualitativamente el “tejido laminar primario” hacia el “tejido remodelado secundario” y hemos logramos extraer un modelo cronovital aproximado (Suzuki *et al.* 2011, 2012, 2013).

El presente ensayo valida este modelo de microtransformación en una muestra moderna/colonial con la edad de fallecimiento conocida, tratando de aterrizarlo en un método establecido, utilizable para diversos tipos de osamentas mal conservadas. Así, estructuramos el trabajo en tres fases. Primero, evaluamos la micrometamorfosis de las costillas, ya que son los elementos más estudiados como referencia (Stout y Paine 1992; Valencia 2007; Valencia *et al.* 2010) y determinamos un algoritmo cronovital específico. Como siguiente paso validamos el algoritmo por una prueba en ciego. Finalmente, examinamos el modelo costal en la muestra femoral, tratando de expandir la aplicabilidad del modelo. En la práctica de la arqueología, hay casos que no conservan los fragmentos de las costillas y el único material óseo disponible, a menudo consiste en fragmentos de huesos largos de las extremidades.

MATERIAL

Se ha reunido un *corpus* de 33 costillas y 11 fémures, conteniendo un total de 35 individuos con la edad del fallecimiento conocida. Adaptamos 17 laminillas de la colección forense creada por la doctora Margarita Valencia de la Secretaría de Seguridad Pública de Yucatán. Unos 50 fragmentos de la diáfisis media de la cuarta costilla fueron muestreados en la sala del servicio medico forense (Valencia 2007; Valencia *et al.* 2010) y 17 ejemplares ya procesados en las laminillas se encontraron disponibles en el Laboratorio de Bioarqueología de la Universidad Autónoma de Yucatán.

El resto procede del estado de Hidalgo. Los esqueletos fueron recuperados en el marco del Proyecto; “Los restos óseos de dos templos coloniales del Estado de Hidalgo, desde una perspectiva bioantropológica y forense”, dirigido por María

Villanueva, Lilia Escorcía y Carlos Serrano. El muestreo de los fragmentos y la preparación de las laminillas los realizaron integrantes del laboratorio de la UADY por diversas etapas a lo largo de 2005-2010, siguiendo al protocolo establecido en la literatura (Tiesler *et al.* 2006). Todas las laminillas presentan la alteración diagenética prácticamente nula y consideramos las más idóneas como referencia.

Las 44 laminillas se organizaron en tres grupos según la edad cronológica (cuadro 1). Estos grupos se definieron de acuerdo con los rangos de edad que se manejan comúnmente en la literatura arqueológica (Genovés Castaneda 1997), así como la naturaleza fisiológica de la histomorfología humana (Robling y Stout 2000, 2008) que limita la utilidad cronovital de la micrometamorfosis hasta alcanzar 50 años. Usualmente, el tejido histológico se encuentra completamente remodelado tras la sexta década y la creación de los nuevos osteones elimina los anteriores, esto da una densidad de osteones “asíntota” (Tiesler *et al.* 2006) (cuadro 1).

Cuadro 1. Rangos de edad

<i>Rango de edad cronológica</i>	<i>Definición</i>
<i>Adulto joven</i>	<i>de 20 a 35 años</i>
<i>Adulto medio</i>	<i>de 36 a 50 años</i>
<i>Adulto maduro</i>	<i>de 51 años en adelante</i>

Con el fin analítico, la muestra costal también se dividió en dos subgrupos: uno de muestra ($n = 22$) y otro de control ($n = 11$).

Así, se obtuvo un *corpus* adecuado para el objetivo del presente trabajo. Es importante notar que en todas las divisiones los rangos de edad cronológica están distribuidos con la misma proporción (cuadro 2).

Cuadro 2. Desglose del *corpus* del estudio

<i>Elemento esquelético y procedencia</i>	<i>Sub-división</i>	<i>Joven</i>	<i>Medio</i>	<i>Maduro</i>
<i>Costillas (n= 33, 17 proceden del estado de Yucatán y 16 del estado de Hidalgo)</i>	<i>Muestra (n = 22)</i>	8	6	8
	<i>Control (n = 11)</i>	4	3	4
<i>Fémures (n = 11, todos procedentes del estado de Hidalgo)</i>		4	3	4

MÉTODO

Registro microscópico

Con base en los estudios anteriores, consideramos cinco características microscópicas a fin de cualificar cada fase de la micrometamorfosis:

Característica 1: tejido laminar primario en el área perimedular

Característica 2: tejido laminar primario en el área perióstica

Característica 3: avance general de la remodelación

Característica 4: cambios osteoporóticos

Característica 5: tamaño promedio de los osteones

No son los rasgos que presentan la correlación más fuerte con la edad cronológica, sino son los más robustos entre las osamentas mal conservadas (Suzuki *et al.* 2011, 2012, 2013), donde tanto los métodos macroscópicos como la histomorfometría no aportaron la información cronovital.

Característica 1: Tejido laminar primario en el área perimedular. Se trata de la pérdida gradual de las estructuras horizontales, denominadas tejido laminar primario, en el área perimedular de la sección delgada. Se plantearon tres niveles para registrar el rasgo.

El nivel 1, más de 30 % del contorno peri-medular consiste en el tejido laminar “concentrado” (figura 1) con contados osteones mayormente intactos, se incluyeron los flotantes.

El 2 se determina cuando el área se encuentra más remodelada; sin embargo, con las “huellas visibles” (figura 2) del tejido laminar primario. El tejido laminar “concentrado” todavía puede seguir presente, aunque abarca menos de 30 % del contorno.

A fin de clasificar el nivel 3, prácticamente todo el contorno perimedular está “densamente” remodelado (figura 3). Todavía pueden existir tanto el tejido laminar concentrado como sus huellas visibles, sin embargo abarcan menos de 5 % del contorno.

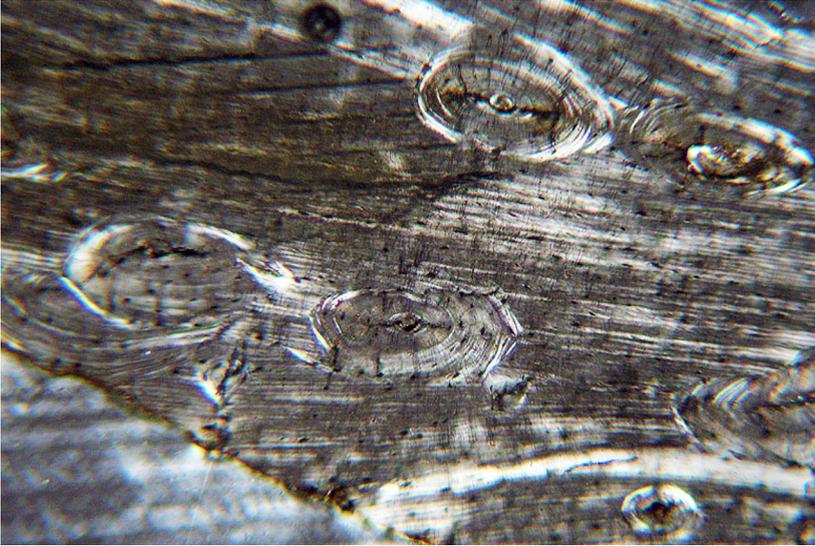


Figura 1. El tejido laminar primario “concentrado”. Imagen tomado de una costilla moderna con un aumento de 10 x 10, bajo la luz ligeramente polarizada.

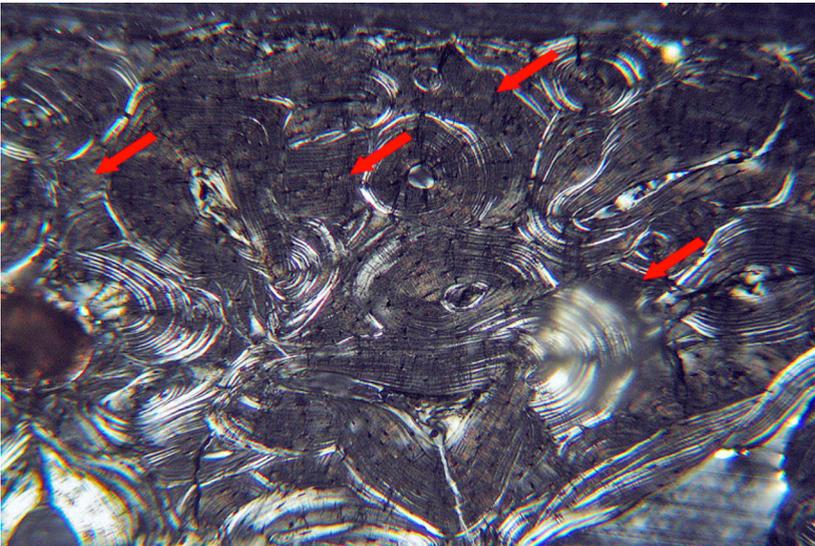


Figura 2. Imagen tomada de una costilla moderna con aumento de 10 x 10, bajo la luz ligeramente polarizada. Las flechas señalan las “huellas visibles” de las estructuras primarias entre los osteones secundarios.

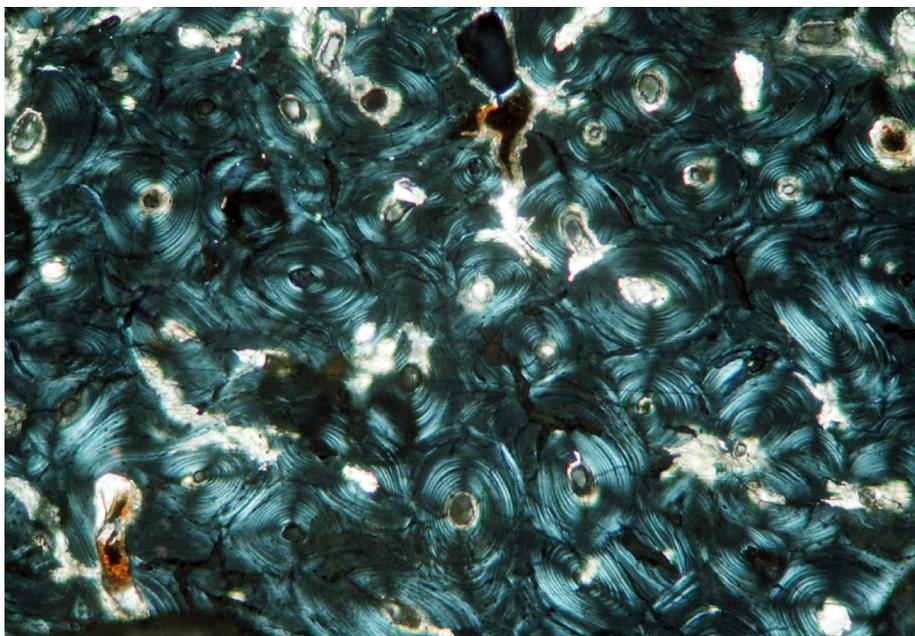


Figura 3. El tejido “densamente” remodelado. Prácticamente no se reconoce ninguna huella del tejido laminar primario. Imagen tomada de una costilla moderna con un aumento de 10 x 10, bajo la luz polarizada.

Característica 2: Tejido laminar primario en el área perióstica. La característica 2 corresponde a la pérdida del tejido laminar en el área perióstica. También se registraron tres niveles.

El 1 abarca el tejido laminar primario concentrado en más de 30 % del contorno perióstico. Cabe aclarar que la “capa continua-delgada” (figura 4) del tejido laminar en el contorno no se considera como la concentración sino como las huellas visibles, dado que dicha estructura parece ser generada después del crecimiento longitudinal por una etiología distinta. Es decir, técnicamente la presencia de la capa continua-delgada que rodea la mayor parte del contorno no clasifica el nivel 1, sino el 2.

Para el nivel 2, el área está más remodelada, aunque siempre con las huellas visibles del tejido laminar primario y/o la capa continua-delgada. El tejido laminar concentrado todavía puede seguir presente, abarcando menos de 30 % del contorno.

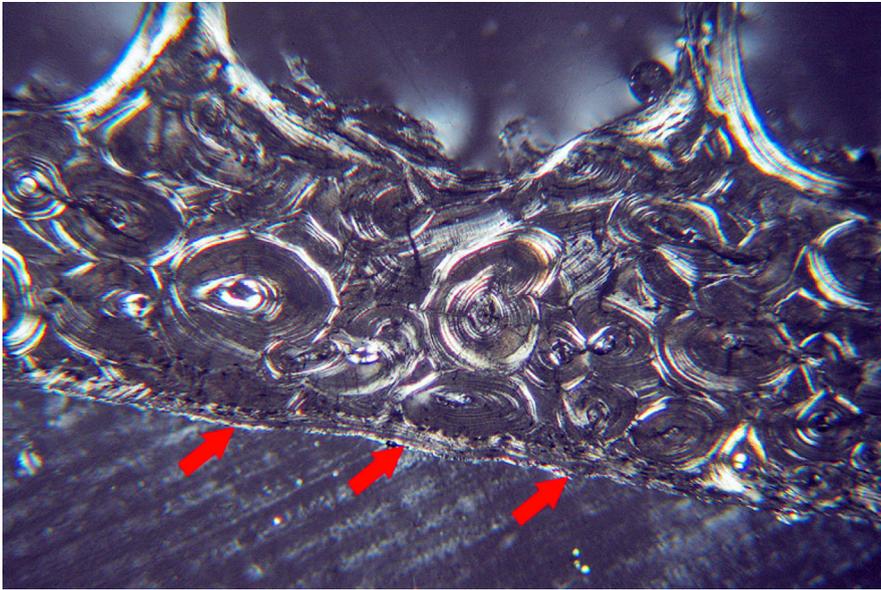


Figura 4. Imagen tomada de una costilla moderna con un aumento de 10 x 10, bajo la luz ligeramente polarizada. Las flechas indican la presencia de una capa “continua-delgada” del tejido laminar que colinda con el tejido interior más remodelado.

En el nivel 3, prácticamente todo el contorno perióstico está densamente remodelado. Todavía hay tejido laminar “concentrado”, las huellas visibles, así como la capa continua-delgada; sin embargo, dichas estructuras laminares siempre abarcan menos de 5 % del contorno.

Característica 3: avance general de la remodelación. Este rubro globaliza las condiciones generales de la remodelación de la mayor parte de la sección delegada, excluyendo las orillas perimedular y perióstica. De igual modo que las características anteriores, se evaluó en una escala de 0 a 3.

En el nivel 1 el corte presenta mayormente el tejido laminar “concentrado”. Se reconocen los osteones de diversos tipos, ya sea secundario, flotante o primario; sin embargo siempre se presentan como “parches” en la “lona” del tejido laminar.

Para el nivel 2, el corte comienza a presentar más remodelaciones; sin embargo, todavía se reconocen las huellas del tejido laminar primario.

El nivel 3 se clasifica cuando la sección delgada tiene el tejido densamente remodelado sin ninguna huella del tejido laminar primario. La unidad mínima

a partir de la cual se considera la presencia del tejido densamente remodelado, consta de al menos una retícula definida por el aumento 20x10, completamente llena de los osteones secundarios.

Característica 4: Cambios osteoporóticos. Se refieren a los cambios como adelgazamiento del tejido cortical con la absorción, trabecularización y/o formación de lagunas (figura 5) debidos a la osteoporosis degenerativa. Al reconocer uno o más de dichos rasgos en la sección delgada, se registró “presente”, aplicando una simple dicotomía (presente o ausente).

Característica 5: Tamaño promedio de los osteones. El tamaño promedio de los osteones intactos se considera una de las variables cronovitales en la histomorfología (Robling y Stout 2000, 2008). En términos generales, los osteones de los individuos jóvenes son grandes y van disminuyendo conforme avanza la edad. Aunque se han desarrollado algunas fórmulas de regresión para traducir la variable histológica en una edad numérica (Valencia 2007; Valencia *et al.* 2010), este trabajo lo tomó como un indicador adicional para asignar un rango de edad. El registro de la variable se realizó básicamente siguiendo la metodología establecida

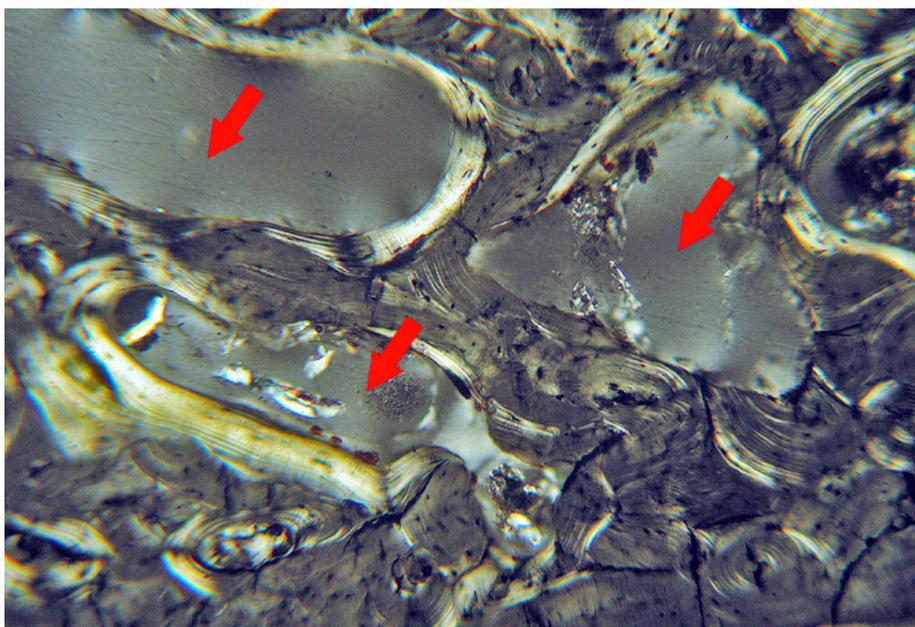


Figura 5. Imagen tomada de una costilla moderna con un aumento de 10 x 10, bajo la luz ligeramente polarizada. Las flechas señalan las lagunas formadas por la osteoporosis degenerativa.

en la literatura (Streeter 2004); sin embargo, se contabilizaron mínimamente 100 osteones en lugar de 25 para tener una mayor precisión.

Evaluación estadística

A fin de evaluar objetivamente la correlación entre la micrometamorfosis y la edad cronológica, se aplicaron pruebas estadísticas. La frecuencia de los datos cualitativos se examinó con la Ji-cuadrada, la diferencia de los cuantitativos, con la prueba *t* (Madrigal 1998), según los grupos de edad cronológica.

RESULTADOS

Evaluación del grupo de muestra; obtención del algoritmo cronovital de las características histomorfológicas

Según lo desglosado en el cuadro 3, existió el patrón esperado. Hay más niveles altos en los grupos de adulto maduro y bajos en los grupos de joven. Las pruebas indican significancia estadística (cuadro 4), por lo que se confirma el fundamento de la cualificación de la micrometamorfosis ligada con la edad cronológica. Consecutivamente, se evaluó la función cronovital de cada una de las características. Se analizó primeramente la “distribución de los niveles según los grupos de edad” para entender “cuándo” ocurre el cambio más fuerte, después se examinó la “distribución de los grupos de edad según los rasgos” para determinar “cuál” es el cambio más fuerte.

Cuadro 3. Resultados generales

<i>Característica 1:</i>				
<i>Pérdida del tejido laminar en el área perimedular según los grupos de edad</i>				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
Joven	6	2	0	
Medio	1	4	1	
Maduro	1	3	4	
<i>Característica 2:</i>				
<i>Pérdida del tejido laminar en el área perióptica según los grupos de edad</i>				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
Joven	6	2	0	
Medio	0	4	2	
Maduro	0	6	2	
<i>Característica 3:</i>				
<i>Avance general de la remodelación</i>				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
Joven	1	7	0	
Medio	0	4	2	
Maduro	0	1	7	
<i>Característica 4:</i>				
<i>Aparición de los cambios osteoporóticos según los grupos de edad</i>				
	Sin cambios		Con cambios	
Joven	8		0	
Medio	4		2	
Maduro	2		6	
<i>Característica 5:</i>				
<i>Tamaño promedio de los osteones según los grupos de edad</i>				
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. est.
Joven	0.029	0.044	0.0349	0.00467
Medio	0.022	0.035	0.0311	0.00440
Maduro	0.017	0.032	0.0253	0.00449

Cuadro 4. Resultados de la prueba estadística Ji^2 de la distribución dispereja

	<i>Grado de libertad</i>	Ji^2	<i>P</i>
Perimedular	4	12.24525463	0.01
Perióstica	4	16.10416667	0.00
Remodelación	4	16.67708333	0.00
Osteoporosis	2	10.21502976	0.00

Característica 1: Tejido laminar primario en el área perimedular. Según lo que se observa en el cuadro 5, el cambio significativo de este rasgo ocurre entre los rangos de joven y medio, el cual constituye la transición del nivel 1 al 2.

Cuadro 5. Resultados de las pruebas estadísticas de frecuencia sobre la pérdida gradual del tejido laminar en el área perimedular

<i>Entre los grupos de edad</i>	<i>G. de libertad</i>	Ji^2	<i>P</i>
Joven vs. medio	2	6.086805556	0.04
Medio vs. maduro	2	2.560416667	0.27
<i>Entre los niveles</i>	<i>G. de libertad</i>	Ji^2	<i>P</i>
Nivel 1 vs. nivel 2	2	5.384635417	0.06
Nivel 2 vs. nivel 3	2	4.34	0.11
Nivel 1 vs. Niveles 2 y 3	2	8.64360119	0.01

Característica 2: Tejido laminar primario en el área perióstica. Se reconoce un patrón semejante en el cuadro 6. El cambio significativo de la característica 2 también se da entre la edad joven y la media con la transición del nivel 1 al 2.

Cuadro 6. Resultados de las pruebas estadísticas de frecuencia sobre la pérdida gradual del tejido laminar en el área perióstica

<i>Entre los grupos de edad</i>	<i>G. de libertad</i>	Ji^2	<i>P</i>
Joven vs. medio	2	9.184027778	0.00
Medio vs. maduro	2	0.448958333	0.50
<i>Entre los niveles</i>	<i>G. de libertad</i>	Ji^2	<i>P</i>
Nivel 1 vs. nivel 2	2	12.234375	0.00
Nivel 2 vs. nivel 3	2	2.388888889	0.30
Nivel 1 vs. niveles 2 y 3	2	15.11892361	0.00

De esta forma, se determina la pérdida del tejido laminar en la orilla del corte como un marcador que distingue la edad joven de la que no lo es por la transición del nivel 1 al nivel 2

Característica 3: avance general de la remodelación. Aparentemente el cuadro 7 señala un patrón distinto de las primeras dos características. En este caso el cambio significativo ocurre entre el rango medio y el maduro, representado por la aparición del tejido densamente remodelado. Con base en este hallazgo se espera separar a los individuos maduros del resto de la población.

Cuadro 7. Resultados de las pruebas estadísticas de frecuencia sobre el avance general de la remodelación

<i>Entre los grupos de edad</i>	<i>G. l.</i>	$J\tilde{i}^2$	<i>P</i>
Joven vs. medio	2	5.184659091	0.07
Medio vs. maduro	1	4.602777778	0.03
<i>Entre los niveles</i>	<i>G. l.</i>	$J\tilde{i}^2$	<i>P</i>
Nivel 1 vs. nivel 2	-	-	-
Nivel 2 vs. nivel 3	2	12.47135417	0.00
Nivel 1-2 vs. Nivel 3	2	13.30982906	0.00

Característica 4: Cambios osteoporóticos. A pesar de que se ha evidenciado una diferencia significativa ligada con la aparición de los cambios, no se especificó un rango de transición con significancia estadística (cuadro 8). Esto se debe probablemente a la forma de definición de los rangos que dividió la edad joven y la media a partir de los 35 años. Los cambios osteoporóticos comúnmente se dan por encima de los 40 años de edad, según la literatura clínica (Agarwal y Stout 2003). Siendo así, la ausencia de los cambios poróticos se toma como un indicador “adicional” que distingue la edad joven del resto de la población.

Cuadro 8. Resultados de las pruebas estadísticas de frecuencia de los cambios osteoporóticos

<i>Entre los grupos de edad</i>	<i>G. de libertad</i>	$J\tilde{i}^2$	<i>P</i>
Joven vs. medio	1	3.428819444	0.06
Medio vs. maduro	1	2.693576389	0.10
<i>Entre los rasgos</i>	<i>G. de libertad</i>	$J\tilde{i}^2$	<i>P</i>
Con vs. sin	2	10.21502976	0.00

Característica 5: Tamaño promedio de los osteones. Según lo desglosado en el cuadro 9, no hay diferencia significativa entre los grupos jóvenes y medios, sino entre medios y maduros. En otras palabras, la disminución del tamaño promedio de osteones es estadísticamente significativa a partir de la edad madura. Esto confiere un elemento adicional para distinguir a los individuos de la edad madura.

Cuadro 9. Resultados de las pruebas estadísticas del tamaño de los osteones

<i>Entre los grupos de edad</i>	<i>G. de libertad</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
Joven vs. medio	12	1.55484	0.14
Medio vs. maduro	12	2.39509	0.03
Joven-Medio vs. Maduro	20	3.81925	0.00

Ahora bien, se inducen los criterios cronovitales a partir del algoritmo que se ha obtenido.

Criterios principales:

- Los casos con el nivel 1 en la pérdida del tejido laminar, especialmente en el área perióstica, pertenecen probablemente a una edad joven.
- Los casos con el nivel 3 en el avance general de la remodelación, corresponden probablemente a una edad madura.
- Los casos con el nivel 2 (o más) en la pérdida del tejido laminar y el nivel 2 (o menos) en el avance general de la remodelación, sugieren una edad media

Elemento adicional:

- La ausencia de los cambios osteoporóticos señala una edad joven.
- Pequeños osteones (un promedio por debajo de 0.031, según lo observado en la muestra) indican una edad madura.

Prueba en ciego: examen en el grupo de control

El cuadro 10 desglosa los resultados del registro microscópico y un rango de edad microscópica que fue asignado según los criterios obtenidos en el grupo de muestra. Al comparar con el rango de edad cronológica, se observa que el método acertó en la mayoría de los casos, confiando más del 80 % de la confiabilidad (nueve de 11 casos). Los casos no acertados tampoco se alejaron mucho. Aunque el número de los individuos tratados es reducido, esto parece otorgar un valor significativo a la evaluación cualitativa de la histomorfología.

Cuadro 10. Resultados de la evaluación cualitativa de la micrometamorfosis en el grupo de control

<i>Ind.</i>	<i>Edad</i>	<i>Rango cronológico</i>	<i>Rango histomorfológico</i>	<i>Pérdida laminar</i>		<i>RM</i>	<i>OP</i>	<i>On. Ar.</i>
				<i>PM</i>	<i>PO</i>			
317	25	Adulto joven (-35 años)	Adulto Jjven (-35 años)	1 J	1 J	2 J-Me	Sin J	0.033242 J-Me
247	27	Adulto joven (-35 años)	Adulto joven (-35 años)	1 J	1 J	2 J-Me	Sin J	0.039822 J-Me
MV 11	30	Adulto joven (-35 años)	Adulto medio (36-50 años)	2 Me-M	2 Me-M	2 J-Me	Sin J	0.036896 J-Me
220	30	Adulto joven (-35 años)	Adulto joven (-35 años)	1 J	1 J	2 J-Me	Sin J	0.037356 J-Me
319	43	Adulto medio (36-50 años)	Adulto medio (36-50 años)	1 J	2 Me-M	2 J-Me	Con Me-M	0.034810 J-Me
MV 23	46	Adulto medio (36-50 años)	Adulto maduro (51- años)	3 Me-M	3 Me-M	3 M	Con Me-M	0.023963 M
254	50	Adulto medio (36-50 años)	Adulto medio (36-50 años)	1 J	2 Me-M	2 J-Me	Sin J	0.038925 J-Me
MV 27	56	Adulto maduro (51- años)	Adulto Maduro (51- años)	2 Me-M	3 Me-M	3 M	Con M-M	0.019503 M
314	60	Adulto maduro (51- años)	Adulto maduro (51- años)	3 Me-M	3 Me-M	3 M	Con M-M	0.024241 M
MV 31	62	Adulto maduro (51- años)	Adulto maduro (51- años)	2 Me-M	3 Me-M	3 M	Con M-M	0.021537 M
MV 34	70	Adulto maduro (51- años)	Adulto maduro (51- años)	2 Me-M	2 Me-M	3 M	Sin J-Me	0.025997 M

Expansión de la aplicabilidad: examen en la muestra femoral

Ahora bien, se valida el algoritmo observado en la muestra costal en los huesos largos, en este caso particular los fémures. Dado que la muestra costal y la femoral presentan la misma distribución demográfica (muestra costal: 12 joven + 9 medio + 12 maduro vs. muestra femoral: 4 joven + 3 medio + 4 maduro), se comparan primeramente los patrones de los rasgos aplicando las mismas pruebas de J_i^2 y t .

Según los resultados desglosados en el cuadro 11, no hay ninguna diferencia significativa entre el patrón costal y el femoral, excepto la aparición de los cambios osteoporóticos. En términos generales, el algoritmo costal es aplicable en la muestra femoral, al descartar la característica 4.

El cuadro 12 expresa los resultados de la evaluación cualitativa de la micrometamorfosis femoral con base en el algoritmo costal. Siete de 11 casos acertaron en el rango cronológico, confirmando 65 % de la confiabilidad. Evidentemente se redujo la cifra; sin embargo, parece relevante notar que el algoritmo costal siguió funcionando en los fémures, al menos como un argumento suplementario.

CONCLUSIÓN

A lo largo de nuestros estudios (Suzuki *et al.* 2011, 2012, 2013) hemos destacado la aplicabilidad de la evaluación cualitativa de la histomorfología. Los rasgos considerados han sido robustos ante casi cualquier grado los cambios diagenéticos y se han podido reconocer y registrar hasta en las muestras más degradadas. Sin embargo, debido a que hemos trabajado exclusivamente en las muestras arqueológicas, el algoritmo cronovital de la micrometamorfosis ha sido discutido únicamente para la edad esquelética. A pesar de que muchos de los casos arqueológicos contaban con la edad macroscópica “precisa”, lograda por diversos métodos, también fue necesario evaluar la correlación entre las características y la edad “cronológica”. Por ello, consideramos relevantes los hallazgos del presente estudio. Se ha podido validar el patrón que observamos en la muestra arqueológica, al menos en esta muestra forense colonial. Esperamos ampliar nuestro estudio y establecer un nuevo método alternativo de la estimación cronovital de las osamentas arqueológicas degradadas.

Cuadro 11. Resultados de la confrontación entre el patrón costal vs. el femoral

<i>Característica 1: Pérdida del tejido laminar en el área perimedular</i>			
	<i>Nivel 1</i>	<i>Nivel 2</i>	<i>Nivel 3</i>
Muestra costal (n = 33)	13	13	7
Muestra femoral (n = 11)	7	2	2
	Grado de libertad	Ji ²	P
Resultado de la prueba	2	2.614814815	0.27
<i>Característica 2: Pérdida del tejido laminar en el área perióstica</i>			
	<i>Nivel 1</i>	<i>Nivel 2</i>	<i>Nivel 3</i>
Muestra costal (n = 33)	9	16	8
Muestra femoral (n = 11)	7	4	0
	Grado de libertad	Ji ²	P
Resultado de la prueba	2	5.530637626	0.06
<i>Característica 3: Avance general de la remodelación</i>			
	<i>Nivel 1</i>	<i>Nivel 2</i>	<i>Nivel 3</i>
Muestra costal (n = 33)	1	18	14
Muestra femoral (n = 11)	0	6	5
	Grado de libertad	Ji ²	P
Resultado de la prueba	2	2.441520468	0.29
<i>Característica 4: Aparición de los cambios osteoporóticos</i>			
	<i>Sin cambios</i>	<i>Con cambios</i>	
Muestra costal (n = 33)	20	13	
Muestra femoral (n = 11)	11	1	
	Grado de libertad	Ji ²	P
Resultado de la prueba	2	3.885714286	0.04
<i>Característica 5: Tamaño promedio de los osteones</i>			
	<i>Rango</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación est.</i>
Muestra costal (n = 33)	0.0175-0.0442	0.0305	0.0065
Muestra femoral (n = 11)	0.0272-0.0425	0.0331	0.0049
	Grado de libertad	T	P=
Resultado de la prueba	42	1.23621	0.22

Cuadro 12. Resultados de la evaluación cualitativa de la micrometamorfosis en la muestra femoral

<i>Ind.</i>	<i>Edad</i>	<i>Rango cronológico</i>	<i>Rango histomorfológico</i>	<i>Pérdida laminar</i>		<i>RM</i>	<i>OP</i>	<i>On. Ar.</i>
				<i>PM</i>	<i>PO</i>			
222	22	Adulto joven (-35 años)	Adulto joven (-35 años)	1 J	1 J	2 J-Me	Sin	0.038720 J-Me
247	27	Adulto joven (-35 años)	Adulto joven (-35 años)	1 J	1 J	2 J-Me	Sin	0.029601 M
220	30	Adulto joven (-35 años)	Adulto joven (-35 años)	1 J	1 J	2 J-Me	Sin	0.034862 J-Me
250	30	Adulto joven (-35 años)	Adulto joven (-35 años)	1 J	1 J	2 J-Me	Sin	0.042534 J-Me
260	40	Adulto medio (36-50 años)	Adulto medio (36-50 años)	1 J	1 J	3 M	Sin	0.030663 M
277	45	Adulto medio (36-50 años)	Adulto maduro (51- años)	3 Me-M	2 Me-M	3 M	Sin	0.035634 J-Me
254	50	Adulto medio (36-50 años)	Adulto maduro (51- años)	3 Me-M	2 Me-M	3 M	Con	0.034581 J-Me
281	53	Adulto maduro (51- años)	Adulto medio (36-50 años)	1 J	2 Me-M	2 J-Me	Sin	0.034371 J-Me
252	58	Adulto maduro (51- años)	Adulto joven (-35 años)	1 J	1 J	2 J-Me	Sin	0.027216 M
199	64	Adulto maduro (51- años)	Adulto maduro (51- años)	2 Me-M	2 Me-M	3 M	Sin	0.028268 M
228	82	Adulto maduro (51- años)	Adulto maduro (51- años)	2 Me-M	2 Me-M	3 M	Sin	0.027640 M

Agradecimiento

El trabajo se efectuó en el Laboratorio de Bioarqueología de la Universidad Autónoma de Yucatán, con el permiso y la colaboración de la doctora Vera Tiesler. Gracias a ella, el estudio contó con el apoyo de diversos proyectos: Investigación Básica CONAcYT (37743-H; 49982, 152105), Wenner Gren Collaborative Project (2008-2009), Fondo PRIORI y Becas CONAcYT Nacionales (290649). También estoy en deuda con la doctora Margarita Valencia, la doctora María

Villanueva, la maestra Lilia Escorcía y el doctor Carlos Serrano por permitirme trabajar con sus materiales.

REFERENCIAS

- BOLDSSEN, JESPER L., GEORGE R. MILNER, LYLE KONIGSBERG Y JAMES W. WOOD
2002 Transition analysis: A new method for estimating age from skeletons, Robert D. Hoppa y James W. Vaupel (eds.), *Paleodemography: Age distribution from skeletal samples*, Cambridge University, Cambridge: 73-106.
- GENOVÉS CASTANEDA, JOSÉ VICENTE
1997 Rasgos funerarios durante el Clásico en la costa pacífica central de Guatemala. *Utzi'b*, 2 (3): 1-18.
- DÍAZ-ANDREU, MARGARITA, SAM LUCY, STAŠA BABIĆ Y DAVID N. EDWARDS (EDS.)
2005 *The archaeology of identity. Approaches to gender, age, status, ethnicity and religion*, Routledge, Nueva York.
- MADRIGAL, LORENA
1998 *Statistics for anthropology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- MEINDL, RICHARD S Y KATHERINE F. RUSSELL
1998 Recent advances in method and theory in paleodemography, *Annual Review in Anthropology*, 27: 375-399.
- AGARWAL, SABRINA C. Y SAM D. STOUT (EDS.)
2003 *Bone loss and osteoporosis. An anthropological perspective*, Kluwer/Plenum, Nueva York.
- PIJOAN AGUADÉ, CARMEN MA., T. H. SCHMIDT-SCHULTZ Y J. MANSILLA
1999 Infant diseases in Pre-Columbian Mexico: The urban population from la Ventilla-Teotihuacán, *American Journal of Physical Anthropology Annual Supplement*, 28: 46.
- PIJOAN AGUADÉ, CARMEN MA., MICHAEL SCHULTZ Y JOSEFINA MANSILLA LORY
2004 Estudio histológico de las alteraciones térmicas en el material óseo procedente de Tlatelcomila, Tetelpan, D. F., Carmen Ma. Pijoan Aguadé y Xabier Lizarraga Cruchaga (eds.), *Perspectiva tafonómica. Evidencias de alteraciones en restos*

óseos del México prehispánico, Colección Científica, 462, Serie Antropología Física, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México: 109-127.

ROBLING, ALEXANDER G. Y SAM D. STOUT

2000 Histomorphometry of human cortical bone: Application to age estimation, M. Anne Katzenberg y Shelley R. Saunders (eds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, Wiley-Liss, Inc., Nueva York: 187-213.

2008 Histomorphometry of human cortical bone: Applications to age estimation, M. Anne Katzenberg y Shelley R. Saunders (eds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, 2a. edición, John Wiley & Sons Inc., Nueva Jersey: 149-182.

ROMANO PACHECO, ARTURO, FRANCISCO VILLALOBOS ROMERO Y ANTONIO BALTORTA LAZARINI

1974 Investigaciones en paleohistología antropológica (comunicación preliminar), *Acta Médica*, 10 (40): 173-186.

STONE, ANNE C.

2000 Ancient DNA from skeletal remains, M. Anne Katzenberg y Shelley R. Saunders (eds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, Wiley-Liss, Inc., Nueva York: 351-371.

STOUT, SAM D. Y RICHARD R. PAINE

1992 Brief communication: Histological age estimation using rib and clavicle, *American Journal of Physical Anthropology*, 98: 11-115.

STREETER, MARGARET

2004 *Introduction to human bone histomorphological methods*, Human Skeletal Identification Laboratory, Department of Anthropology, University of Missouri, Columbia.

SUZUKI, SHINTARO

2008 *Mortalidad en la población del sitio clásico de Xcambó, Yucatán. Un acercamiento histomorfológico*, tesis de maestría, Facultad de Ciencias Antropológicas, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.

SUZUKI, SHINTARO, ANDREA CUCINA, VERA TIESLER Y THELMA SIERRA SOSA

2009 Morir en Xcambo: Evaluación de la mortalidad en un sitio costero maya del Clásico a partir del análisis histomorfológico, Juan Pedro Laporte, Bárbara Arroyo y Héctor Mejía (eds.), *XXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en*

Guatemala 2008, Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala: 853-864.

SUZUKI, SHINTARO, VERA TIESLER Y ANDREA CUCINA

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), Juan Pedro Laporte, Bárbara Arroyo y Héctor E. Mejía (eds.), *XXIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala 2010*, Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia, Asociación Tikal, Guatemala: 1008-1017.

2012 Histomorfología para muestras arqueológicas degradadas: un acercamiento integral de porcentaje del área cortical, conteos selectivos y evaluación cualitativa, Vera Tiesler (ed.), *Aplicaciones histomorfológicas en el estudio de restos humanos*, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, en prensa.

SUZUKI, SHINTARO, VERA TIESLER Y SEIICHI NAKAMURA

2013 Nueva estrategia en la estimación de la edad a la muerte: aplicación histomorfológica en la arqueología de las Tierras Bajas Mayas y un estudio de caso del sitio arqueológico de Copán, Honduras, *Estudios de Antropología Biológica*, XVI: 153-169.

TIESLER, VERA, ANDREA CUCINA Y MARGARET STREETER

2006 *Manual de histomorfología en hueso no descalcificado*, Serie de Manuales, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.

TIESLER, VERA, SHINTARO SUZUKI, SAM D. STOUT Y MARGARET STREETER

2008 Testing histological age determination techniques on Prehispanic Maya skeletal populations, *American Journal of Physical Anthropology. Annual Meeting Special Issue*, S46: 135.

VALENCIA, MARGARITA

2007 *Indicadores estándares de edad basados en análisis histomorfométricos de la cuarta costilla desarrollados en muestras forenses del Estado de Yucatán, México*, tesis de maestría en antropología esquelética, Facultad de Ciencias Antropológicas, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.

VALENCIA, MARGARITA, ANDREA CUCINA Y VERA TIESLER

2010 New formulas to estimate age at death in Maya Populations using histomorphological changes in the fourth human rib, *Journal of Forensic Sciences*, 55: 473-477.

