

Implicaciones sociales de las formas de subsistencia y el relieve geográfico en la estructura corporal de grupos prehispánicos chiapanecos: una perspectiva biomecánica

José Manuel Arias López*/Javier Monte de Paz**

ISSN: 2007-6851

p. 64-p. 79

Fecha de recepción del artículo: 21 de julio de 2015

Fecha de publicación: julio de 2016

Título del artículo en inglés: "Implications of the geographical topography and the means of sustenance found in the body structure of the Pre-Hispanic groups located in Chiapas: a biomechanical viewpoint"
diariodecampo.mx

Resumen

Se trata de comprender los procesos de microadaptación biológica en grupos de población maya prehispánica del estado de Chiapas, durante los periodos Clásico y Posclásico (300 a.C.-1500 d.C.), a través del análisis de un conjunto de 13 parámetros biomecánicos que tienen que ver con la resistencia y fragilidad ósea, los cuales se aplicaron en 59 fémures masculinos. A nivel geográfico, los resultados obtenidos no nos indican diferencias significativas. Sin embargo, a nivel temporal encontramos diferencias significativas importantes entre los que vivieron en la región de la planicie-selva y en la región montañosa chiapaneca. Esto nos indica que las diferencias establecidas no son imputables al medio ambiente biológico y físico, sino a las circunstancias sociopolíticas que se vivieron durante los periodos culturales señalados.

Palabras clave: microadaptación, biomecánico, movilidad, planicie, montaña.

Abstract

Efforts are made to comprehend the processes of biological microadaptation in pre-Hispanic Maya population groups in the state of Chiapas in the Classic and Postclassic periods (300 BC to AD 1500) through the analysis of a group of thirteen biomechanical parameters that have to do with bone resistance and fragility, which were applied to fifty-nine male femurs. On a geographic level, the results obtained do not indicate a significant difference. Nevertheless, on a temporal level we found important differences between those who lived in the plain-rainforest region and in the Chiapas mountainous region. This suggests that the differences established cannot be attributed to the biological and physical environment, but rather to the sociopolitical circumstances experienced during these cultural periods.

Keywords: microadaptation, biomechanics, mobility, plain, mountain.

En esta investigación estudiamos las características mecánicas del fémur, específicamente en grupos de población del área maya del estado de Chiapas que vivieron entre el Preclásico y el Posclásico (300 a.C.-1500 d.C.). En especial, se analizan 59 fémures –tanto derechos como izquierdos– de individuos adultos de ambos sexos provenientes de las exploraciones en los sitios arqueológicos de Chincultik, Bonampak, Granjas, Hunchavin, Independencia, Lagartero, Palenque y Tenam del Puente. Se utiliza el modelo biocultural que integra el estudio de las estrategias de subsistencias con los posibles impactos de las actividades cotidianas de estas comunidades sobre el sistema óseo humano. Para este propósito se aplican los principios de la “teoría de las estructuras rígidas o de las vigas” (Ruff, 1984). La geometría de la sección transversal de la diáfisis de los huesos largos se cuantifica con la finalidad de estimar sus valores biomecánicos, así como su sensibilidad al estrés mecá-

* Investigador, Centro INAH Yucatán (yago_arias@hotmail.com).

** Investigador, Centro INAH Chiapas (monpaz4@hotmail.com).

nico. Las propiedades de la sección transversal muestran diferencias asociadas con estrategias de subsistencia y actividad física, sexo y tamaño corporal.

Para nuestro análisis comparativo definimos, como hipótesis de trabajo y desde el punto de vista geográfico y de altitud, dos zonas y dos grupos: el grupo I, que agrupa a los sitios arqueológicos de Palenque y Bonampak, con altitudes promedio de 60 msnm, y el grupo II, con altitudes de entre 600 y 2000 msnm, que comprende los sitios de Granjas, Chincultik, Lagartero, Hunchavin, Independencia y Tenam Puente. Cada zona tiene su clima y flora específica de acuerdo con su altitud y representa una excelente oportunidad de observar las diferencias y semejanzas de los parámetros biomecánicos bajo contextos ecológicos específicos.

Por otro lado, consideramos que desde el punto de vista cultural el área maya chiapaneca se puede dividir en dos grandes zonas: las nucleares y las marginales. Las zonas nucleares se ubican en las tierras bajas con selva tropical propias de la región del Petén y la cuenca del río Usumacinta, que corresponden al grupo I planteado. Las zonas marginales corresponden al grupo II; se identifican como áreas que rodean a las zonas nucleares y se localizan en regiones geográficas serranas y montañosas (Akira Kaneco, comunicación verbal).

En esta clasificación se hace énfasis en los sistemas arquitectónicos constructivos prehispánicos como parte de los sistemas de producción, los cuales, debido a las actividades físicas desarrolladas por los individuos, pudieron tener un impacto significativo en el sistema óseo, además del entorno geográfico. Se trata de las arquitecturas de las zonas nucleares del Petén (Tikal, Calakmul, etc.) y Usumacinta (Palenque, Yaxchilán, Bonampak, etc.), que se caracterizan por las construcciones de mamposterías estucadas con gran cantidad de cal y que, por consiguiente, requirieron una gran cantidad de horas-hombre para su procesamiento.

En cambio, las arquitecturas de zonas marginales de la región de Comitán, donde se encuentran Chinkultic, Tenam Puente y Hunchavin, se caracterizan por el sistema constructivo de ensamble con poca argamasa de piedras bien cortadas o sillares, que para los propósitos de esta investigación también implicó una gran cantidad de esfuerzo físico y horas-hombre para su traslado y manufactura.

Un último aspecto a considerar, y que se agrega a los anteriores, es el proceso de manufactura de las herramientas líticas. Las hachas talladas se utilizaron

ampliamente en la zona nuclear caracterizada por las construcciones de mampostería estucada con mucha cal; en cambio, casi se carece de estas hachas en la zona marginal donde el sistema constructivo se basaba en el sillar con poco uso de cal.

En otras palabras, se observa una correspondencia entre el entorno ecológico, el sistema constructivo y el de las herramientas líticas. Así, elaboramos las siguientes preguntas de investigación: ¿cómo podemos valorar la respuesta ósea a la magnitud del impacto físico ocasionado por las actividades cotidianas? ¿Los parámetros biomecánicos, además del entorno geográfico, son capaces de reflejar estas diferencias culturales entre ambas zonas (la nuclear y la marginal) de las poblaciones prehispánicas chiapanecas?

Marco geográfico y cultural

El estado de Chiapas es uno de los más biodiversos del país (figura 1). Junto a la frontera con Guatemala se localiza la selva Lacandona, que en casi un millón de hectáreas de superficie alberga a 20% de las especies vegetales y animales en México. En esa entidad se encuentran cerca de tres mil especies de plantas. Asimismo existe una gran variedad de vida animal, en especial aves y reptiles (Miranda, 1976).

El ambiente natural en Chiapas es extremadamente diverso a causa de tres factores principales: su topografía accidentada, su consecuente diversidad climática y por ser el punto de convergencia de dos regiones biogeográficas: la neártica y la neotropical. Tiene una enorme placa de roca caliza fragmentada en diferentes puntos, fallada y plegada, por lo que su topografía es compleja. Su fisonomía la determinan dos grandes cadenas montañosas que la recorren con orientación noroeste-sureste. La primera de esas cadenas, la Sierra Madre de Chiapas, corre casi paralela a la costa del océano Pacífico e incrementa su altitud desde aproximadamente 1 000 msnm en los límites con Oaxaca hasta más de 2 000 msnm en la frontera con Guatemala. La otra cadena montañosa, la llamada Altiplanicie Central, también conocida como Macizo Central o, más comúnmente, como los Altos de Chiapas, se desplaza por la parte central del estado; proviene de Guatemala, en la sierra de los Cuchumatanes, y desde ahí penetra en territorio mexicano hasta alcanzar sus máximas altitudes cerca de San Cristóbal de las Casas.

El clima es consecuencia de esta topografía y presenta una gran variedad. En algunas partes bajas de la

(600 d.C.). Sus orígenes como entidad se empezaron a definir en el siglo **xvi** dentro del orden colonial español. Los conquistadores dividieron el territorio chiapaneco en cinco provincias: Chiapas, Llanos, Zoques, Soconusco y Tzeltales. Desde el siglo **xvii** hasta finales del **xviii** el actual territorio chiapaneco se dividió en dos provincias: la alcaldía mayor de Ciudad Real y la gobernación de Soconusco. En 1764 se creó una más, la alcaldía mayor de Tuxtla. Las tres eran circunscripciones del reino de Guatemala, a su vez nominalmente dependiente del virreinato de la Nueva España (Miranda, 1976).

Esta breve descripción histórico-geográfica nos permite apreciar un territorio bastante heterogéneo en lo geográfico y contrastante en lo ecológico y social.

Antecedentes

Las aplicaciones de los principios de la ingeniería y de resistencias de materiales a la geometría de la diáfisis de los huesos largos han sido usadas de manera extensiva en la antropología física para inferir formas de comportamiento, en especial de patrones de actividad, a través de restos óseos que provienen de las investigaciones arqueológicas (Ruff y Hayes, 1982, 1983b, 1984).

Wolff (*apud* Pearson y Lieberman, 2004) fue uno de los primeros estudiosos de la biomecánica que propuso sus leyes de la remodelación ósea, en las cuales se considera que la estructura del hueso tiene una alta respuesta a la carga física durante la vida del individuo. Estas leyes permiten realizar inferencias acerca de la intensidad y los patrones de comportamiento en las poblaciones del pasado; sin embargo, se debe considerar que el sistema óseo interactúa con una gama amplia de estresores que tal vez no tengan ninguna actividad mecánica directa y que complican el análisis (Ruff, 1984; Ruff y Leo, 1986).

Materiales

Del total del material óseo, para este trabajo sólo se utilizaron fémures provenientes de individuos masculinos y femeninos que vivieron en diversos sitios de las regiones selvática y montañosa del estado de Chiapas. Se trata de fémures completos provenientes de diversos salvamentos y proyectos llevados a cabo en territorio chiapaneco y que en su mayoría se encuentran en buen estado de conservación. Se exploraron directamente en tumbas, de modo que en la gran mayoría de

los casos se tiene bien delimitado el contexto arqueológico, el cual nos permite estimar una datación relativa para efectos comparativos con otros grupos del área maya.

Los sitios se describen a continuación y, para efectos comparativos, quedaron distribuidos como se muestra en la figura 1.

Según se aprecia en el mapa, y de acuerdo con el relieve orográfico de Chiapas, de los ocho sitios utilizados en esta investigación, Palenque y Bonampak se ubican en un ambiente selvático y plano, con temperaturas calurosas y a una baja altitud a nivel del mar (60 msnm), en la denominada cuenca del Usumacinta. Por su parte, los sitios de Chincultik y Granjas, localizados en los alrededores de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, capital del estado, se encuentran a una altitud de entre 600 y 1 000 msnm. Por último, Hunchavín, Lagartero, Tenam Puente e Independencia se localizan en un ambiente montañoso, entre las zonas de los valles centrales y los Altos, con un clima semitropical templado y en altitudes que oscilan entre 1 000 y 2 000 msnm.

Un resumen de los sitios y fémures utilizados en este estudio se muestran en la tabla 1 y el gráfico 1.

De esta manera contamos con ocho fémures del sitio Chincultik (13.56%), siete de Bonampak (11.86%), cinco del sitio Granjas (8.47%), siete de Hunchavín (11.86%), cuatro de Independencia (6.78%), 14 de Lagartero (23.73%), 11 de Palenque (18.64%) y tres de Tenam Puente (5%). De los 59 fémures, 35 son derechos (59.32%) y 24, izquierdos (40.68%) (tabla 2). De éstos, algunos derechos e izquierdos pertenecen al mismo individuo y otros son aislados. Todos fueron contextualizados.

Como uno de los objetivos es comparar los parámetros biomecánicos de los fémures según la geografía y la cronología, los datos anteriores se organizaron en una tabla de contingencia para saber cuántos fémures pertenecientes a individuos de sexo masculino y femenino se encontraron en la planicie y cuántos en la montaña, además de saber cuántos corresponden al periodo Preclásico, al Clásico y al Posclásico (tabla 3).

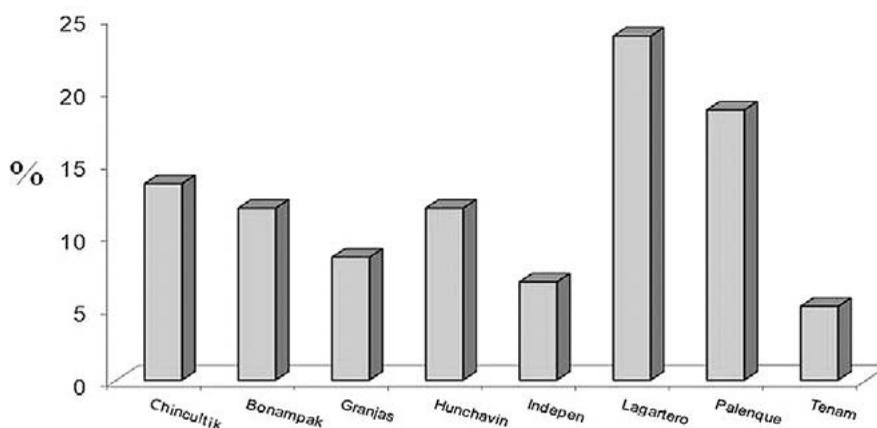
En lo relativo a la geografía, la distribución quedó de la siguiente manera: 78% de los fémures provenientes de la Montaña eran de individuos de sexo masculino y 5% de individuos femeninos. Para el área selvática o planicie, 13.6 % eran de individuos masculinos y 3.2% femeninos.

En relación con el periodo cronológico se aprecia una mayor proporción de fémures de origen masculi-

Tabla 1
Distribución de los fémures en los ocho sitios

SITIO	NÚMERO	PORCENTAJE
Chincultik	8	13.56
Bonampak	7	11.86
Granjas	5	8.47
Hunchavin	7	11.86
Independencia	4	6.78
Lagartero	14	23.73
Palenque	11	18.64
Tenam Puente	3	5.08
TOTAL	59	100

Gráfico 1
Distribución porcentual de los fémures por sitio arqueológico



no (72.9%) que femeninos (6.8%) del Clásico, y el resto queda en los demás periodos. Sin embargo, en ambos grupos existe un número reducido de fémures de individuos femeninos y ningún caso para el Preclásico. Es necesario señalar que en los dos casos estos valores bajos de fémures femeninos limitaron el análisis para realizar inferencias en cuanto a la división de actividades físicas por sexo.

Métodos

El estudio buscaba comprender las diferencias y semejanzas inter e intrapoblacional a partir de parámetros biomecánicos aplicados al fémur en dos grupos de individuos que vivieron en las regiones montañosas y selvática de Chiapas, así como obtener un patrón general de variación de la geometría transversal entre estos dos grupos de individuos de distintos ambien-

tes ecogeográficos y socioculturales, con el objetivo de dar explicaciones en torno a las respuestas funcionales del fémur a los estresores biomecánicos. Por eso se consideró que, además de las presiones del entorno ecogeográfico, los factores socioculturales y económicos condicionaron en gran medida el nivel de adaptación, una problemática recurrente en poblaciones arqueológicas al fenómeno de estrés ocupacional.

Con base en estas consideraciones, los dos grupos se clasificaron según altitud, clima, sistemas constructivos y producción de instrumentos líticos. El primer grupo, a cuyo rubro llamaremos “planicie-selva” de aquí en adelante, quedaron los sitios de Bonampak y Palenque; en el segundo grupo, que nombraremos rubro de “montaña”, comprende a los sitios de Tenam Puente, Independencia, Lagartero, Hunchavin, Granjas y Chincultik.

La aplicación de los principios de la ingeniería de resistencia de materiales a los restos óseos represen-

Tabla 2
Distribución total de los fémures del área chiapaneca, según el lado

LADO	NÚMERO	PORCENTAJE
Derecho	35	59.32
Izquierdo	24	40.68
TOTAL	59	100

Tabla 3
Distribución porcentual y absoluta de fémures, según geografía, cronología y sexo

GEOGRAFÍA	MASCULINOS		FEMENINOS		TOTALES	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Planicie-selva	8	13.6	2	3.4	10	16.9
Montaña	46	78	3	5.1	49	83.1
TOTAL	54	90.6	5	8.6	59	100
CRONOLOGÍA	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Preclásico	5	8.5			5	8.5
Clásico	43	72.9	4	6.8	47	79.7
Posclásico	6	10.2	1	1.7	7	11.9
TOTAL	54	91.6	5	8.5	59	100

ta una importante herramienta de análisis para el estudio de la morfología ósea en el contexto del medio ambiente biomecánico. Existe un modelo mecánico sencillo que puede ser aplicado de manera apropiada en algunos elementos óseos, que en ingeniería se denomina modelo de las estructuras rígidas, utilizado ampliamente para diseñar y construir edificios (Arias, 2013). En el análisis del modelo de la viga las secciones transversales son tomadas perpendicularmente al eje axial de la varilla o del hueso para determinar sus propiedades geométricas, tales como la cantidad y distribución de la masa ósea en la sección analizada (Brock y Ruff, 1988; Bridges y Blitz, 1989).

Estas propiedades son una medida directa de las características mecánicas del hueso y de la sección transversal; es decir, reflejan la rigidez (*strength*) o dureza que le permiten al hueso resistir las fuerzas mecánicas que actúan sobre él (Beck *et al.*, 1990).

Estas fuerzas por lo general son “cargas” derivadas de la acción de la gravedad y de los músculos sobre los huesos, y varían debido a un gran número de factores que incluyen diferencias en la masa corporal (peso), postura habitual, así como los tipos y niveles de actividad física (Bridges, 1989). Por lo tanto, se presume que las propiedades mecánicas del hueso serían un reflejo de

las características biológicas y de comportamiento del individuo que soportó una sobrecarga física durante su vida cotidiana (Fox y Keaveny, 2001).

Las áreas óseas –área total (T_A), área cortical (CA), porcentaje de área cortical ($\%CA$) y área medular (MA)– son proporcionales a las fuerzas de compresión y tensión cuando las fuerzas se aplican axialmente. Sin embargo, las fuerzas aplicadas en la diáfisis de los huesos largos son excéntricas, de allí que los segundos momentos de área o de inercia (I_x , I_y , I_{min} , I_{max} y J) sean los mejores indicadores de la resistencia de los huesos a la función mecánica (Larsen, 1997). A partir de estos parámetros básicos se calcula el denominado índice de movilidad o de Nordin, el cual involucra los momentos mínimos y máximos de inercia y el momento polar de inercia o J .

Por otro lado, la estimación de estos parámetros se basa en la integración de áreas (Spigel, 2000), de modo que para realizar los cálculos respectivos se utilizan técnicas que recurren a novedosas herramientas de análisis provenientes de la imagenología médica, donde se utilizan recursos computacionales (*PC Momentmacro* –macro para el cálculo de los momentos de inercia para PC o computadora– y el programa *Scion Image* del National Image Health en su versión beta).

Estas técnicas permiten calcular los principales parámetros biomecánicos a partir de las imágenes obtenidas con un *CT Scan* o tomógrafo asistido por computadora (Ohman, 1993). Los resultados son similares a los cortes histológicos que se realizan en forma directa en el hueso para obtener, entre otras opciones, "rebanadas" (*slices*) transversales de imágenes de los huesos largos en la sección que se desee estudiar; en nuestro caso, a la mitad de la diáfisis o a 50% de la longitud de los huesos (Biknevičius y Ruff, 1992) (figura 2).

Como criterio de edad se decidió que todos los fémures fueran de adultos con una edad entre 25 y 45 años. Para esta asignación de edad se emplearon principalmente los cambios que sufrieron tanto la sínfisis púbica como la superficie auricular propuestas por Todd (*apud* Loth e Iscan, 1989; Meindl y Lovejoy, 1989). Para la determinación del sexo se usaron sobre todo los parámetros para la pelvis y el cráneo, así como el grado de robusticidad en miembros superiores e inferiores (Krogman e Iscan, 1986).

Para el cálculo de la talla se utilizaron las ecuaciones de regresión obtenidas por Genovés (1967) y corregidas por Del Ángel y Cisneros (2004), y para el del sexo se recurrió a las siguientes fórmulas:

Masculinos

$$\text{Talla} = 2.262 (\text{longitud máxima del fémur}) + 63.89$$

Femeninos

$$\text{Talla} = 2.588 (\text{longitud máxima del fémur}) + 47.25$$

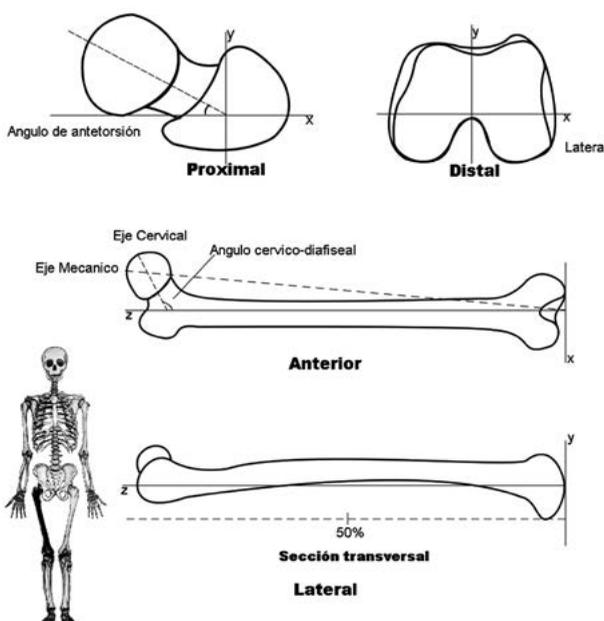


Figura 2. Ejemplo de los cortes histológicos.

Por otra parte, se sabe que las propiedades de la sección transversal son afectadas indirectamente por la masa corporal, mientras que los segundos momentos de inercia son afectados por la masa corporal y la longitud del hueso de los individuos. Así, para el cálculo de la masa corporal se utilizaron las siguientes ecuaciones de regresión obtenidas a partir de estudios que incluyen a varias poblaciones a escala mundial, tanto prehistóricas como contemporáneas¹ (Kristian *et al.*, 2007; Ruff *et al.*, 1997; Grine *et al.*, 1995):

Masculinos

$$\text{Masa corporal} = (2.741 \times \text{diámetro de la cabeza femoral}) - 54.9$$

Femeninos

$$\text{Masa corporal} = (2.426 \times \text{diámetro de la cabeza femoral}) - 35.1$$

Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizó principalmente la T de Student, sobre una curva normal y para una prueba de dos colas con probabilidades del 0.01 y 0.05, respectivamente; a fin de evitar un error de muestreo, se aplicó la prueba F de Fisher o de Levene, que consiste en probar la hipótesis nula de igualdad de varianzas entre los grupos estudiados. Para este propósito se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15.0.

Resultados y discusión

Sobre la muestra original aplicamos un diseño experimental que primero consistió en comprobar si había diferencias significativas entre fémures derechos e izquierdos, independientemente de los efectos por región geográfica, cronología y sexo. Esto se hizo porque, de acuerdo con lo reportado por la literatura acerca de la asimetría corporal influida por factores genéticos, medioambientales o de estilos de vida (Auerbach, 2006; Churchill y Formicola, 1997; Trinkaus *et al.*, 1994; Fresia *et al.*, 1990), es posible que una misma persona presente valores biomecánicos similares o diferentes. Para discriminar este efecto, en primer lugar se calcularon los estadísticos medios de los parámetros biomecánicos, tanto de los fémures derechos como izquierdos, incluyendo los que se refieren a la talla

¹ Estas fórmulas se aplican tanto para fémures completos como incompletos, siempre y cuando tengan la cabeza completa. Además, se recomienda rebajar el peso obtenido de esta manera en 10% para poblaciones arqueológicas, considerando la dieta y las condiciones de vida.

Tabla 4
Valores medios y prueba T, según lado, independiente de geografía y cronología
Fémures masculinos (N = 54)

VARIABLE	DERECHO			IZQUIERDO			
	n	m	s	n	m	s	p
AT	32	629.22	105.54	22	612.25	117.43	0.58
AC	32	468.38	77.96	22	448.11	82.34	0.36
AM	32	160.84	41.51	22	164.14	40.74	0.77
%AC	32	74.56	4.09	22	73.36	2.93	0.24
%AM	32	25.44	4.09	22	26.64	2.93	0.24
I_x	32	18439.06	5997.23	22	17269.83	6300.74	0.49
I_y	32	18136.74	6214.53	22	16356.14	5940.81	0.30
I_{max}	32	20377.84	6477.62	22	18361.43	6580.04	0.27
I_{min}	32	16197.95	5318.33	22	15264.54	5614.20	0.54
J	32	36575.80	11649.17	22	33625.97	12053.85	0.36
I_x/I_y	32	1.04	0.19	22	1.06	0.16	0.37
I_{max}/I_{min}	32	1.27	0.14	22	1.22	0.14	0.70
IR	32	91.69	27.38	22	82.88	30.15	0.18
Talla	32	154.95	6.21	22	157.32	8.42	0.27
MC	20	54.94	9.41	15	52.16	10.23	0.19

AT en mm², AC en mm², I_{min} en mm⁴, $I_x/I_{max}/I_{min}$ = índices mov., J en mm⁴, p<0.05, IR = índice de robusticidad, n = muestra, desv. típica = desviación típica.

y masa corporal, con la finalidad de apreciar la variabilidad intragrupal.

Los resultados de la comparación entre medias muestrales independientes según el lado se presentan en la tabla 4.

Los resultados de la prueba T no muestran diferencias significativas importantes. Esto permite interpretar que en este grupo los fémures derechos e izquierdos no están afectados por la asimetría bilateral en lo que se refiere a los primeros y segundos momentos de inercia, así como en los índices de movilidad, y que aparentemente ambos fémures fueron afectados de manera similar en intensidad y duración por los mismos factores de carga y movilidad. Por lo tanto, desde la perspectiva de las variables biomecánicas se puede considerar que estos segmentos no resultaron afectados por la asimetría bilateral, y en un análisis posterior se podrá considerar a ambos fémures de modo indistinto o en conjunto.

Aparentemente obtuvimos una serie de valores homogéneos entre fémures derechos e izquierdos, lo cual no es consistente con el entorno ecológico y sociocultural, ya que éstos son heterogéneos. A causa de este resultado decidimos aplicar las pruebas respectivas

de la T de Student, según la región geográfica, independiente de la cronología. Y se aplicó la prueba F de Fisher o de Levene para comprobar que las comparaciones se hicieron considerando la igualdad de las varianzas (tabla 5).

Como se aprecia, los valores biomecánicos que presentaron diferencias significativas según la región geográfica, independiente de la cronología y sexo, son el índice de movilidad que involucra los momentos de inercia sobre los planos AP y ML, cuyos valores nos indican que los fémures de los individuos que vivieron en la planicie-selva fueron mayores que los que vivieron en la montaña. Los primeros son más elipsoidales o elongados (figura 3).

En cambio, en los segundos son más aplanados o redondeados sobre el plano AP (figura 4).

Esto significa que el esfuerzo ocasionado por caminatas continuas fue mayor en la planicie-selva que en las áreas montañosas.

Sin embargo, respecto a estas formas elongadas o elipsoidales, y para diferir con lo encontrado en estos grupos, podemos señalar que formas similares se han reportado para poblaciones sedentarias o en individuos que se dedican de manera primordial a la

Tabla 5
Valores medios y prueba F por región geográfica, independiente de cronología
Fémures masculinos (N = 54)

VARIABLE	PLANICIE-SELVA			MONTAÑA			PRUEBA DE LEVENE	
	n	m	s	n	m	s	F	p
AT	26	636.70	91.81	28	608.95	124.35	0.62	0.436
AC	26	473.67	64.70	28	447.54	90.74	0.50	0.481
AM	26	163.03	41.11	28	161.40	41.33	0.00	0.981
%AC	26	74.58	4.01	28	73.59	3.35	0.27	0.606
%AM	26	25.42	4.01	28	26.41	3.35	0.27	0.606
I_x	26	18586.11	5209.93	28	17383.84	6854.06	0.52	0.472
I_y	26	18433.08	5059.28	28	16462.53	6905.35	0.61	0.439
I_{max}	26	20296.92	5588.18	28	18868.67	7340.38	0.90	0.348
I_{min}	26	16722.26	4474.26	28	14977.70	6111.86	0.24	0.629
J	26	37019.18	9922.37	28	33846.36	13297.72	0.36	0.549
I_x/I_y	26	1.02	0.15	28	1.07	0.21	4.47	0.039*
I_{max}/I_{min}	26	1.22	0.13	28	1.27	0.15	0.01	0.932
IR	26	92.33	24.09	28	84.18	32.17	0.61	0.438
Talla	26	155.77	5.80	28	156.06	8.42	4.16	0.046
MC	20	55.43	8.34	15	51.50	11.21	2.12	0.155

AT en mm², AC en mm², I_{min} en mm⁴, I_x/I_y , I_{max}/I_{min} = índices movilidad, J en mm⁴, p<0.05, IR = índice de robusticidad, n = submuestra, desv. típica = desviación típica.

agricultura (Bridges *et al.*, 1989). En particular, se ha demostrado que la forma de la sección transversal refleja con mayor precisión los tipos de carga mecánica (Ruff, 1995; Trinkaus y Ruff, 1999; Stock y Pfeiffer, 2001). En cambio, la resistencia a la carga sobre el plano AP, tanto en el fémur como en la tibia, se encuentra mayormente relacionada con desplazamientos a gran-

des distancias sobre superficies irregulares, ya sea corriendo o caminando (Ruff y Hayes, 1983a).

De igual manera, la talla presentó diferencias significativas importantes, al mostrar a los que vivieron en las planicies como menos altos que los de la montaña.

Al analizar los datos según la cronología, independientemente de la región geográfica, las variables con



Figura 3. Ejemplo de la forma elipsoidal o alargada de la diáfisis del fémur ($AP/ML > 1$) con rotación pronunciada. **Imagen propia.**

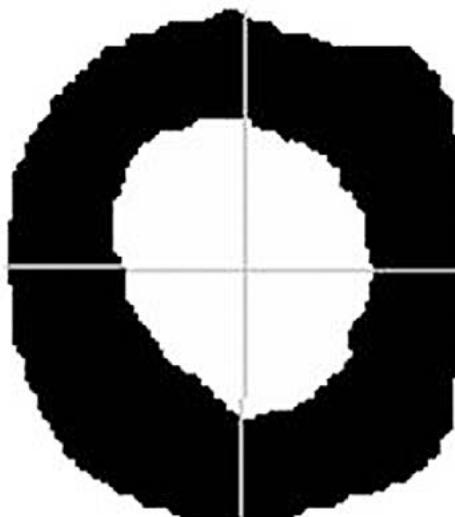


Figura 4. Ejemplo de la forma aplanada o redondeada de la diáfisis del fémur ($AP/ML < 1$), con nula rotación. **Imagen propia.**

Tabla 6

Prueba F o de Levene para muestras independientes, según cronología, independiente de la geografía
Fémures masculinos ($p < 0.05$)

VARIABLE	CLÁSICO			POSCLÁSICO				
	n	m	s	n	m	s	F	p
AT	43	620.00	115.46	6	662.31	96.42	–	–
AC	43	457.78	81.58	6	505.72	67.65	–	–
AM	43	162.21	42.95	6	156.59	43.87	–	–
%AC	43	74.03	3.48	6	76.59	4.50	–	–
%AM	43	25.97	3.48	6	23.41	4.50	–	–
I_x	43	17673.17	6195.66	6	20858.13	6470.28	–	–
I_y	43	17349.43	6194.97	6	21303.10	5091.41	–	–
I_{max}	43	19219.11	6652.55	6	23623.84	5996.67	–	–
I_{min}	43	15803.49	5515.23	6	18537.39	5092.79	–	–
J	43	35022.60	12025.77	6	42161.23	10959.85	–	–
I_x/I_y	43	1.03	0.17	6	0.98	0.19	–	–
I_{max}/I_{min}	43	1.22	0.13	6	1.29	0.13	–	–
IR	43	87.96	28.47	6	106.69	27.01	–	–
Talla	43	155.31	7.05	6	155.62	1.22	5.20	0.3
MC	25	52.92	10.97	6	57.49	4.32	10.47	0.00

T en mm, AC en mm², AM en mm², I_y en mm⁴, I_{max} en mm⁴, I_{min} en mm⁴, θ = áng. torsión, J en mm⁴, I_{max}/I_{min} = índices de movilidad, n = submuestra, desv. típica = desviación típica, cv = coeficiente de variabilidad.

un mayor valor significativo fueron el momento de inercia sobre el plano (I_y) que se refiere al eje ML, lo cual nos dice que sobre este plano existe un mayor refuerzo óseo con una mayor resistencia a la fractura, y se observó que los valores medios son mayores entre los fémures del Clásico que del Preclásico. Las siguientes variables en importancia son las que se refieren al índice de Nordin, el cual mide la movilidad o desplazamiento y que en esta investigación nos permitió observar que tanto la fracción cercana al eje como los máximos y mínimos presentan valores significativos, donde el cociente AP/ML es de una forma elipsoidal mayor que 1 (figura 3), además de que la magnitud de los valores fue mayor entre los fémures del Preclásico que entre los del Clásico.

En congruencia con estos valores, el índice de robusticidad fue mayor y significativo entre los fémures del Preclásico que entre los del Clásico, ya que los segundos son más gráciles. De igual forma, hay diferencias importantes entre la talla y la masa corporal, la cual fue mayor y significativa entre los individuos del Preclásico que entre los del Clásico. El resto de las variables permanecen inalterables. Así, podemos afirmar que los fémures de los sujetos que vivieron durante

el Preclásico estuvieron afectados por un menor estrés biomecánico que aquéllos del Clásico, lo cual indica que caminaban más que los del Clásico (McMurray, 1995). Además, los primeros presentaron una masa corporal y talla mayores.

En la tabla 6 se muestran los resultados de la comparación entre los periodos Clásico y Posclásico.

Las variables que nos indican los primeros y segundos momentos de inercia permanecen sin cambio alguno, mientras que las de talla y masa corporal presentan diferencias importantes. Los datos indican que los individuos que vivieron durante el Clásico eran ligeramente más altos que los que vivieron durante el Posclásico, pero en cuanto a la masa corporal, los que vivieron durante el Clásico eran menos pesados que los del Posclásico.

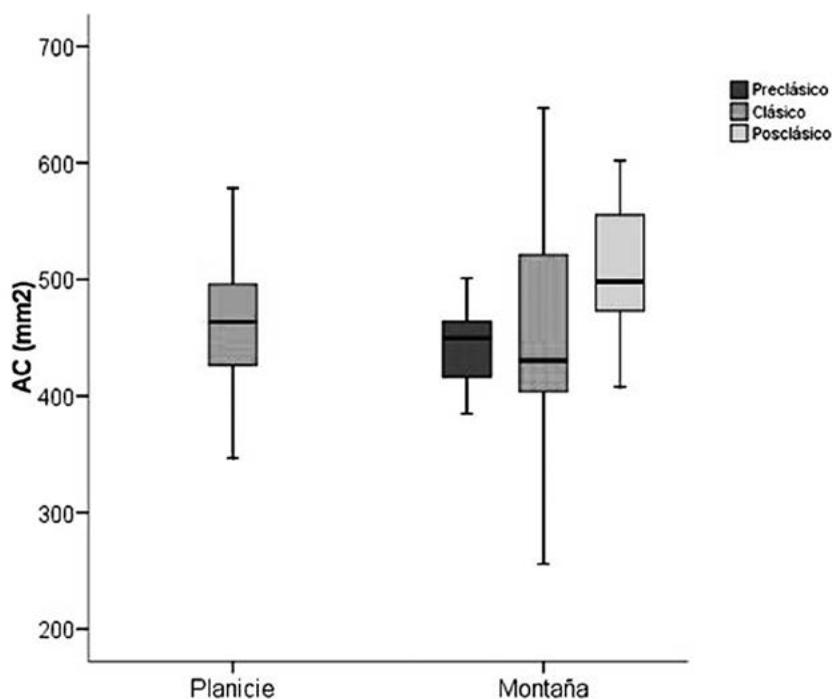
En ambos periodos de tiempo los estresores biomecánicos continúan siendo de la misma magnitud.

Al comparar los fémures de los individuos que vivieron durante el Preclásico con los que vivieron en el Posclásico se aprecian valores significativamente diferentes.

Así, se observa que la mayoría de variables presentan diferencias significativas importantes. Mientras que

Gráfico 2

Diferencias significativas del área cortical ($p < 0.05$) según geografía y cronología



en el Preclásico los primeros momentos de inercia no presentaron diferencias, al compararlos con el Posclásico se aprecia que el área cortical –el espesor de la diáfisis– es mayor entre los fémures del Posclásico que entre los del Preclásico (gráfico 2). De igual manera, los porcentajes de área cortical y medular presentan diferencias significativas, con lo que se obtuvo un porcentaje de AC de 5% más de espesor para el periodo Posclásico, mientras que el porcentaje de AM presentó 5% más para el Preclásico.

En cuanto a los segundos momentos de inercia, se aprecia que sobre el plano (γ) o ML, los del Posclásico presentaron valores absolutos mayores que los del Preclásico, lo cual significa una mayor resistencia de los fémures a fracturarse en este plano. Esto indica que la diáfisis se encuentra más reforzada en este plano que en el plano AP. De igual manera, el momento mínimo de inercia y la magnitud de la torsión o momento polar sobre el plano (γ) fue mayor entre los fémures del Posclásico. Esto mostró que hubo una mayor cantidad de esfuerzos físicos sobre los fémures durante ese periodo. También se aprecia que la movilidad fue mayor entre los individuos del Preclásico, los cuales eran más altos pero menos pesados (gráfico 3).

La variable del índice de movilidad indica claramente que los individuos del Preclásico “caminaban más” que los del Clásico y del Posclásico, y durante es-

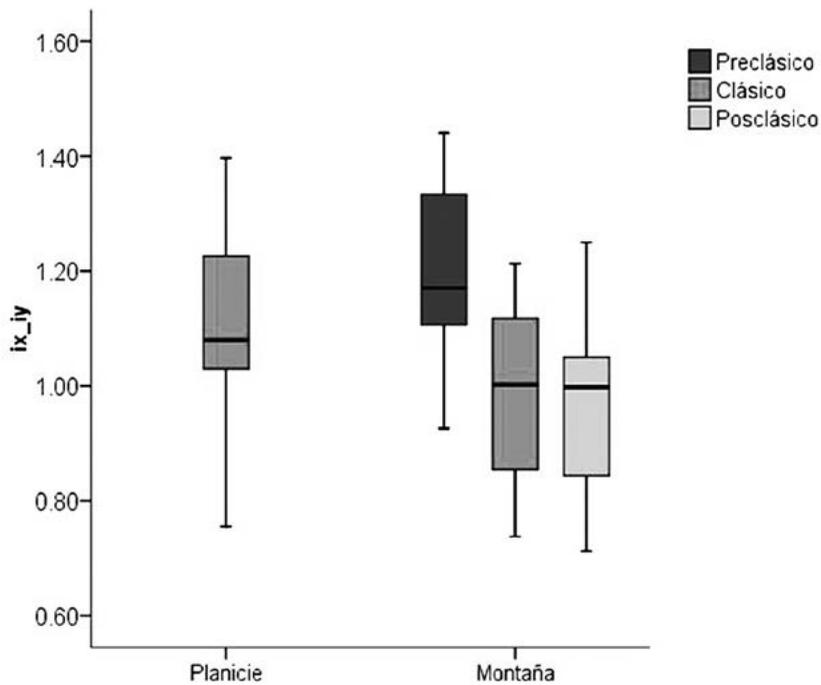
tos dos últimos periodos eran más parecidos en el “caminar” que en el primero, además de que, durante el Clásico, quienes vivieron en la planicie –en las áreas selváticas o planicies– tenían una mayor movilidad que los que vivían en la montaña.

En lo referente al área cortical, se aprecia que los individuos que vivieron durante el Posclásico poseían un área cortical con mayor espesor que los que vivieron durante el Preclásico y Clásico; caminaban menos y eran más sedentarios, pero sus fémures eran más gruesos en su área cortical, lo que hace presumir una mayor cantidad de esfuerzos físicos desarrollados durante este periodo. Esta situación se refleja por igual entre los que vivieron en la planicie-selva y en la montaña, ya que se observa una mayor cantidad de esfuerzos físicos desplegada entre los que vivieron en las áreas selváticas en comparación con los que vivieron en las montañas, con un repunte mayor entre los que vivieron durante el Posclásico.

Por último, es interesante mostrar lo que ocurre con el momento polar de inercia, el cual mide la magnitud de torsión del fémur y está estrechamente relacionado con la cantidad de esfuerzos físicos aplicados sobre el fémur. El momento polar fue mayor entre los sujetos que vivieron durante el Posclásico que entre los que vivieron en los dos periodos anteriores. Y al igual que las magnitudes anteriores, ésta tiende a disminuir entre los

Gráfico 3

Diferencias significativas ($p < 0.05$) del índice de Nordin o de movilidad según geografía y cronología



sujetos que vivieron en la planicie-selva y en la montaña y a repuntar durante el Posclásico. Existe cierta congruencia interna en estos parámetros que nos indican la cantidad de esfuerzos físicos vividos durante este periodo: a mayores esfuerzos físicos, menos movilidad, en relación con los que vivieron durante el Preclásico.

Esta situación reflejaría una probable influencia del medio ambiente social más que del ambiente físico, o una combinación de ambos con preponderancia de las formas de organización sociocultural. Ya se describió que las diferencias entre regiones geográficas no son tan grandes como cabría esperar, a pesar de las diferencias en las formas de construcción, en las que de seguro ambos grupos estuvieron sometidos a la misma magnitud del estrés biomecánico –tanto el de la planicie-selva como el de la montaña–. Las mayores diferencias se presentaron en la dimensión temporal, lo cual es más congruente con estos resultados debido a que las formas de organización y, por lo tanto, sus niveles de exigencia física varían y son diferentes en el tiempo; por ende, esto tiene un impacto en la morfología corporal, en este caso de los parámetros biomecánicos.

Una variable más que se consideró, además de las variables biomecánicas, fue el índice de robusticidad (gráfico 4), utilizado en estudios sobre morfología clásica para la caracterización física. Tradicionalmente, los parámetros morfológicos proporcionan una medida

simple de robusticidad que sólo considera el perímetro de la diáfisis (Pearson, 2000). No obstante, si tomamos en cuenta la arquitectura interna de la diáfisis, es posible analizar con mayor precisión la robusticidad al relacionarla con comportamientos específicos (Trinkaus y Ruff, 1999, 2000), sólo que aquí el cálculo no se hace en función del cociente de los diámetros AP y ML a la mitad de la diáfisis, sino que se utiliza el cociente del momento polar de inercia (J) dividido entre la longitud máxima del fémur.

En nuestro caso, el índice de robusticidad de los fémures, vinculado con esfuerzos físicos continuos, nos muestra un incremento paulatino desde el Preclásico hasta el Posclásico y entre los que vivían tanto en la planicie-selva como en las áreas montañosas. Los menos robustos vivieron durante el Preclásico y los más robustos, durante el Posclásico, lo cual es congruente con los resultados de los parámetros biomecánicos.

En relación con las variables del tamaño y masa corporal, veamos qué es lo que ocurre. La talla (gráfico 5) presenta ligeros decrementos desde el Preclásico hacia el Posclásico y existe un ligero descenso entre los que vivieron en la planicie-selva en comparación con los que vivieron en las áreas montañosas.

Por el contrario, la masa corporal (gráfico 6) presenta un aumento importante desde el Preclásico hasta el Posclásico entre los que vivieron en las áreas mon-

Gráfico 4

Diferencias significativas del índice de robusticidad ($p < 0.05$) según geografía y cronología

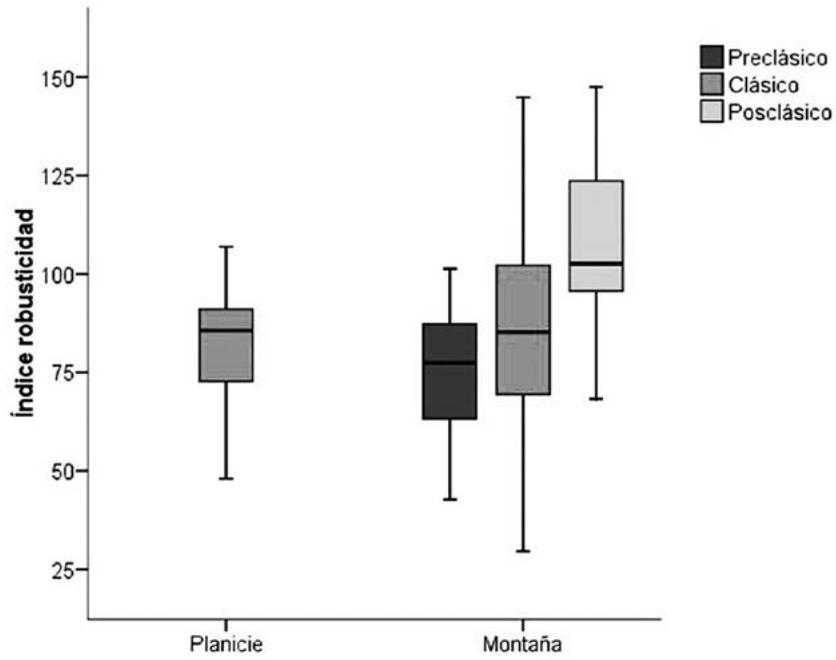


Gráfico 5

Diferencias significativas de la estatura ($p < 0.05$) según geografía y cronología

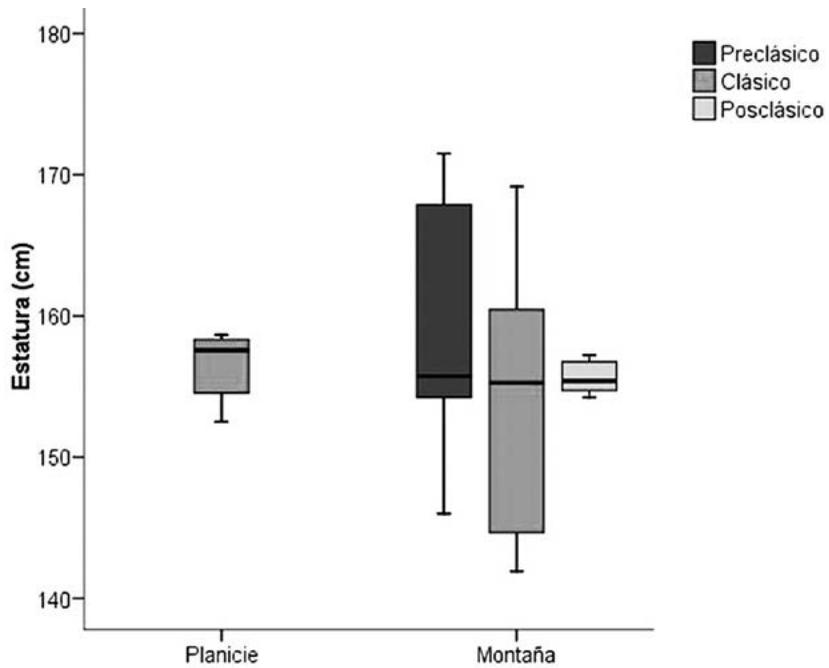
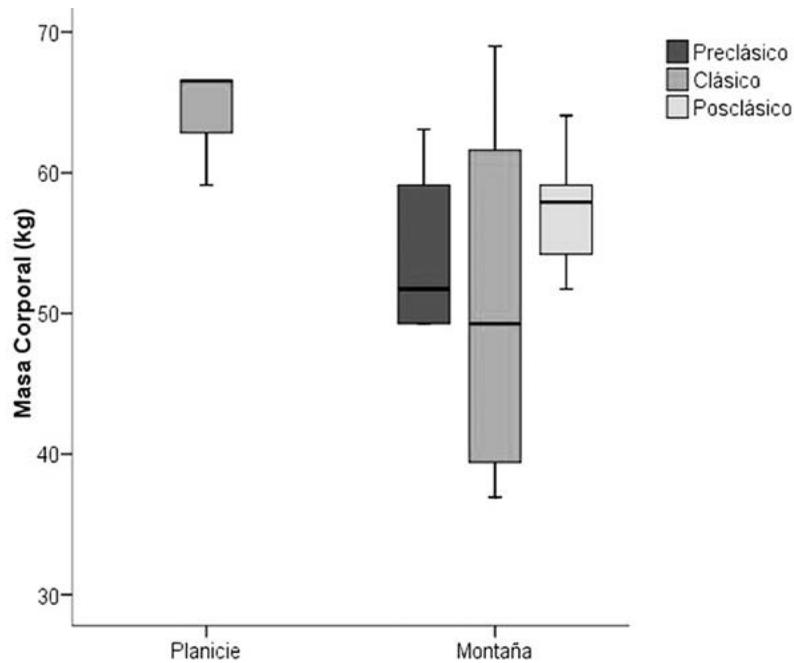


Gráfico 6

Diferencias significativas de la masa corporal ($p < 0.05$) según geografía y cronología



tañosas, y es mayor durante el Posclásico. Los que vivieron en la planicie-selva en este mismo periodo presentan una mayor masa corporal en comparación con aquellos que vivieron los otros periodos.

Se aprecia que en el Posclásico la masa corporal era más inestable y sensible que la estatura. Eran ligeramente más pesados y altos en la planicie-selva que en la montaña, pero menos robustos durante el Preclásico que en el Posclásico. De seguro esto se vincula con aspectos de alimentación y de acceso a recursos más variados relacionados con la agricultura, la horticultura y una fauna diversificada.

En resumen, en estos grupos mayas chiapanecos apreciamos de manera general que las variables biomecánicas son más sensibles a la actividad física y, por ende, a los impactos de los condicionantes de la organización social, además de aquellas variables –como la masa corporal y la talla– estrechamente vinculadas a procesos ecogeográficos –como la alimentación y los procesos de producción–. Si bien esto último sería estrictamente cierto para la masa corporal, la cual se sabe que es sumamente sensible a las variaciones en el consumo de alimentos con altos contenidos de carbohidratos, en nuestro caso de monocultivos como el maíz –muy recurrente en ciertos periodos en las poblaciones prehispánicas–, para el caso de la talla agregaríamos influencias importantes del medio ambiente sociocultural.

Conclusión

A manera de conclusión podemos señalar algunos puntos importantes. En primer lugar, la utilización de parámetros biomecánicos para comprender procesos de microadaptación de grupos humanos arqueológicos resulta ser una buena herramienta para desentrañar las complejas interacciones entre el medio ambiente físico y social de grupos que habitaron las regiones montañosas y selváticas de Chiapas. La clasificación en función del sistema constructivo que se propuso al inicio, y que se relaciona con la manera como se organiza el trabajo arquitectónico, es congruente con los valores biomecánicos obtenidos.

No encontramos diferencias significativas importantes entre los individuos que vivieron en las áreas selváticas y en las montañosas. Aparentemente ambos grupos eran afectados de igual forma por las actividades realizadas, independientemente de que fueran constructivas o de subsistencia.

La cantidad y calidad de las construcciones en ambas regiones era igual de demandante en el aspecto físico. Sin embargo, a escala temporal sí se encontraron diferencias significativas importantes. Desde el Preclásico hasta el Posclásico observamos, quizá debido a una forma de organización más simple, un impacto y una reacción biomecánica de la diáfisis a las tensio-

nes y presiones de la actividad física y de movilidad, la cual se va haciendo más aguda e incide en varios parámetros biomecánicos.

En esa dirección temporal, en el material óseo estudiado se aprecia una tendencia desde la gracilidad hasta la robusticidad que se observa en el espesor cortical y los primeros momentos de inercia, y, por el contrario, a tener una menor movilidad. Se infiere así que los mayas de las áreas geográficas donde se realizó el estudio estaban determinados por sus formas de organización social, cada vez más demandantes en todos los niveles, y fundamentalmente en la actividad y los esfuerzos físicos, además de que estaban confinados en ciudades, sin importar si éstas se localizaban en las planicies selváticas o en las zonas montañosas, una condición que reducía su movilidad y aumentaba la carga de trabajo físico extenuante.

Bibliografía

- Ángel, A. del y Cisneros B. H., "Technical Note: Modification of Regression Equations Used to Estimate Stature in Mesoamerican Skeletal Remains", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 125, 2004, pp. 264-265.
- Arias López, J. M., "Movilidad y actividad física entre los mayas prehispanicos: la variabilidad biomecánica del fémur", en *Ciencia Ergosum*, vol. 21, núm. 1, 2013, pp. 36-46.
- _____, "Procesos de microadaptación en poblaciones arqueológicas en la península de Yucatán. La dinámica funcional del fémur", en *Archaeological Investigations in Yucatan, Mexico*, Oxford, Archeopress, 2014, pp. 487-507.
- Auerbach, Benjamin M., "Limb Bone Bilateral Asymmetry: Variability and Commonality among Modern Humans", en *Journal of Human Evolution*, núm. 50, 2006, pp. 202-218.
- Beck, Thomas J. et al., "Predicting Femoral Neck Strength from Bone Mineral Data. A Structural Approach", en *Investigation Radiology*, núm. 25, 1990, pp. 6-18.
- Biknevicius, Audrone R. y Christopher B. Ruff, "Use of Biplanar Radiographs for Estimating Cross-Sectional Geometric Properties of Mandibles", en *Anatomical Record*, núm. 232, 1992, pp. 157-163.
- Bridges, Patricia S. y John H. Blitz, "Changes in Activities with the Shift to Agriculture in the Southeastern United States", en *Current Anthropology*, núm. 30, 1989, pp. 385-394.
- Brock, Saharon L. y Christopher B. Ruff, "Diachronic Patterns of Change in Structural Properties of the Femur in the Prehistoric American Southwest", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 75, 1988, pp. 113-127.
- Churchill, Steven E. y V. Formicola, "A Case of Marked Bilateral Asymmetry in the Upper Limbs of an Upper Paleolithic Male from Barma Grande (Liguria) Italy", en *International Journal of Osteoarchaeology*, núm. 7, 1997, pp. 18-38.
- Fox, Julia C. y Tony M. Keaveny, "Trabecular Eccentricity and Bone Adaptation", en *Journal Theoretical Biology*, núm. 212, 2001, pp. 211-221.
- Fresia, A. F., Christopher B. Ruff y Clark Spencer Larsen, "Temporal Decline in Bilateral Asymmetry of the Upper Limb on the Georgia Coast", en Clark Spencer Larsen (ed.), *The Archaeological of Mission Santa Catalina De Gaule: 2. Biocultural Interpretations of a Population in Transition. American Museum of Natural History*, núm. 60, 1990, pp. 121-150.
- Genovés, Santiago "Proportionality of the Long Bones and Their Relation to Stature among Mesoamericans", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 26, 1967, pp. 67-78.
- Grine E., Frederick et al., "Fossil Homo Femur from Berg Aukas, Northern Namibia", en *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 97, núm. 2, 1995, pp. 151-85.
- Historia de México. Periodos Preclásico y Clásico*, México, Salvat Mexicana, vol. II, 1978.
- Kristian J. Carlson, Frederick E. Grine y Osborn M. Pearson, "Robusticity and Sexual Dimorphism in the Postcranium of Modern Hunter Gatherers from Australia", en *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 134, núm. 1, 2007, pp. 9-23.
- Krogman, W. M. y M. Yasar Iscan, *The Human Skeleton in Forensic Medicine*, Springfield, Charles C. Thomas, 1986.
- Larsen, C. Spence, *Bioarchaeology. Interpreting Behavior from the Human Skeleton*, Cambridge, Cambridge University Press, 1997.
- Loth, Susan R. y M. Yasar Iscan, "Morphological Assessment of Age in the Adult: the Thoracic Region", en Iscan Mehmet Yasar (ed.), *Age Markers in the Human Skeleton*, Springfield, Charles C. Thomas, 1989, pp. 105-135.
- McMurray, R. G., "Effects of Physical Activity on Bone", en J. J. Anderson y S. C. Garner, *Calcium and Phosphorus in Health and Disease*, Boca Raton, CRC, 1995, pp. 301-317.
- Meindl, Richard S. y C. Owen Lovejoy, "Age Markers in the Pelvis Implications for Paleodemography", en Iscan Mehmet Yasar (ed.), *Age Markers in the Human Skeleton*, Springfield, Charles C. Thomas, 1989, pp. 137-168.
- Miller, Mary y Simon Martin, *Courtly Art of the Ancient Maya*, San Francisco, Thames & Hudson/Fine Arts Museums of San Francisco, 2004.
- Miranda, F., *La vegetación de Chiapas (2ª parte)*, Tuxtla Gutiérrez, Instituto Botánico de Chiapas/Gobierno del Estado de Chiapas, 1976.
- Mullerried, K. G., *La geología de Chiapas*, México, Gobierno del Estado de Chiapas, 1958.
- Ohman, James C., "Computer Software for Estimating Cross-Sectional Geometric Properties of Long Bones with Concentric and Eccentric Elliptical Models", en *Journal of Human Evolution*, núm. 25, 1993, pp. 217-227.

- PC-Momentmacro (macro para el cálculo de los momentos de inercia para PC u ordenador), en línea [<http://www.hopkinsmedicine.org/fae/CBR.htm>].
- Pearson, Osbjorn M., "Activity, Climate, and Postcranial Robusticity: Implications for Modern Human Origins and Scenarios of Adaptive Change", en *Current Anthropology*, vol. 41, núm. 4, 2000, pp. 569-607.
- ____ y D. E. Lieberman, "The Aging of Wolff's Laws: Ontogeny and Responses to Mechanical Loading in Cortical Bone", en *Yearbook of Physical Anthropology*, núm. 47, 2004, pp. 63-99.
- Ruff, Christopher B., "Structural Changes in the Femur With the Transition to Agriculture on the Georgia Coast", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 64, 1984, pp. 125-136.
- ____, "Age-Related Changes in Female Femoral Neck Geometry: Implications for Bone Strength", en *Calcified Tissue International*, núm. 53, suplemento 1, 1993, pp. 41-46.
- ____, "Biomechanics of the Hip and Birth in Early *Homo*", en *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 98, núm. 4, 1995, pp. 527-74.
- ____, "Body Size, Body Shape, and Long Bone Strength in Modern Humans", en *Journal of Human Evolution*, vol. 38, núm. 2, 2000, pp. 269-90.
- Ruff, Christopher B., Eric Trinkaus y Trenton W. Holliday, "Body Mass and Encephalization in Pleistocene", en *Nature*, núm. 387, 1997, pp.173-176.
- Ruff, Christopher B. y Frank P. Leo, "Use of Computed Tomography in Skeletal Structure Research", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 29, 1986, pp. 181-196.
- Ruff, Christopher B. y Wilson C. Hayes, "Subperiosteal Expansion and Cortical Remodeling of the Human Femur and Tibia with Aging", en *Science*, núm. 217, 1982, pp. 945-948.
- ____, "Cross-Sectional Geometry of Pecos Pueblo Femora and Tibiae a Biomechanical Investigación: I. Method and General Patterns of Variation", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 60, 1983a, pp 359-381.
- ____, "Cross-Sectional Geometry of Pecos Pueblo Femora and Tibiae: A Biomechanical Investigation: II. Sex, Age and Side Differences", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 60, 1983b, pp. 383-400.
- ____, "Age Changes in Geometry and Mineral Content of the Lower Limb Bone", en *Annual Biomedic Engiennering*, vol. 12, núm. 6, 1984, pp. 573-84.
- Scion Image (programa de computación), versión beta 4.0.2, National Image Health (NIH), en línea [<http://rsb.info.nih.gov/nih-image>].
- Spigel, Murray R., *Estadística*, México, McGraw-Hill, 2000.
- Stock, T. Jay y Susan Pfeiffer, "Linking Structural Variability in Long Bone Diaphysis to Habitual Behaviors: Foragers from the Southern African Later Stone Age and the Andaman Islands", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 115, 2001, pp. 337-348.
- Trinkaus, Erik, Steven E. Churchill y Christopher B. Ruff, "Postcranial Robusticity in *Homo*. II: Humeral Bilateral Asymmetry and Bone Plasticity", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 93, 1994, pp. 1-34.
- Trinkaus, Erik y Christopher B. Ruff, "Diaphyseal Cross-Sectional Geometry of Near Eastern Middle Palaeolithic Humans: The Femur", en *Journal of Archaeological Science*, núm. 26, 1999, pp. 409-424.
- ____, "Comment on O. M. Pearson 'Activity, Climate, and Postcranial Robusticity. Implications for Modern Human Origins and Scenarios of Adaptive Change'", en *Current Anthropology*, núm. 41, 2000, p. 598.
- Wescott, J. Daniel, "Structural Variation in the Humerus and Femur in the American Great Plains and Adjacent Regions: Differences in Subsistence Strategy and Physical Terrain", tesis de doctorado, Knoxville, Department of Anthropology-University of Tennessee, 2001.