

El caso del entierro 17 del sitio San Pedro Cholul, Yucatán, nuevas consideraciones desde la perspectiva biomecánica

José Manuel Arias López

Centro INAH Yucatán

Introducción

La discusión sobre los diferentes procesos de adaptación que se pueden observar en los diversos grupos humanos, cobra particular interés cuando lo relacionamos directamente al tema de la variabilidad física. Sin embargo, aunque mucho se ha escrito sobre todo en tópicos de morfología, poco se ha tratado la problemática desde un punto de vista funcional. En los seres humanos, las actividades físicas que desarrollan en vida abarcan un espectro amplio de comportamientos que les permiten enfrentar los embates ambientales cotidianos, no obstante, cuando la capacidad de adaptación se rebasa, estos pueden traer repercusiones en el estado de salud de los individuos.

En otras palabras, además de las presiones del entorno ecogeográfico, los factores socioculturales condicionan en gran medida el nivel de adaptación, problemática recurrente en poblaciones antiguas al fenómeno de estrés ocupacional. En este sentido, el análisis de los parámetros mecánicos del esqueleto resulta útil para comprender los tipos (pesca, caza, recolección y agricultura, entre otros) y niveles (caminar, correr, trepar y cargar; entre otras funciones básicas motrices) de adaptación desarrollados por las poblaciones humanas en función del medio ambiente y organización social. Es así como, debido a la plasticidad del hueso cortical, la forma y el tamaño de la diáfisis varían según los tipos y niveles de actividad, lo cual es susceptible de ser medido.

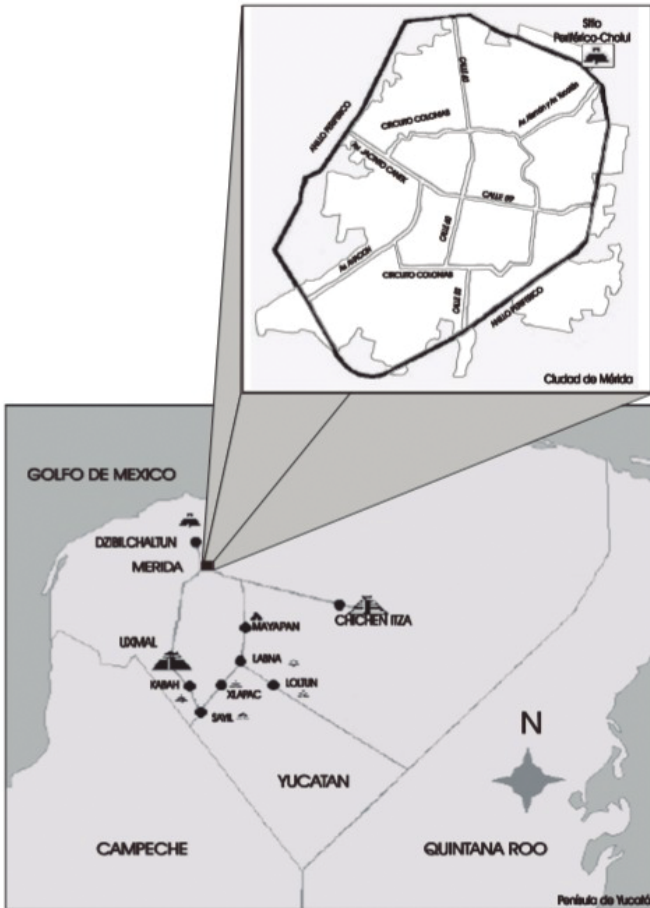


Figura 1. Localización del sitio Periférico-Cholul

Es decir, al igual que el tipo, calidad y cantidad de alimento, inscriben en el sistema óseo una “huella metabólica” susceptible de ser analizada; o bien, los estudios de las diferentes respuestas del tejido óseo a múltiples enfermedades indican el grado de exposición a diversos tipos de padecimientos; la actividad, la carga y la movilidad física, inscriben una “huella mecánica” en el sistema óseo capaz de ser analizada e interpretada en términos microadaptativos.

De aquí, que en este trabajo se reconsidere al individuo del entierro número 17 que forma parte de un conjunto de individuos representados por 29 esqueletos con distintas edades y sexo, distribuidos diacrónicamente durante un período que, según el análisis cerámico, abarca desde el 550 hasta el 750/800 d C (Pool, 1997)(Figura 1).

Este individuo presentó una asociación excepcional de cerámica y diversos artefactos arqueológicos que permitió, de manera general, caracterizar su

probable rol dentro del grupo, así como perfilarlo biológicamente en términos de edad, sexo y otras variables relacionadas con su morfología ósea.

Consecuentemente, a partir de la correlación de ciertas variables indicadoras de la probable posición social del individuo —como la calidad y cantidad de cerámica, el tipo y calidad de los artefactos asociados, y el contexto del conjunto de entierros—, se aplican los cálculos correspondientes de los parámetros biomecánicos (primer y segundo momento de inercia, momento polar de inercia) para estimar su actividad física, así como el índice de Nordin, que permite inferir su capacidad de movilidad. Además, se calculan la talla y la masa corporal con el propósito de normalizar la variación intraespecífica y, de este modo, facilitar comparaciones con otros grupos de distinta filiación biológica.

En cuanto a la patología observada, se aplicó el método de diagnóstico diferencial para describir la presencia de artritis generalizada y artropatía, manifestadas en menor grado en las vértebras cervicales y dorsales, y de forma severa en las primeras vértebras lumbares.

Al integrar estos resultados al contexto arqueológico, me propongo explicar si dicha artropatía puede ser atribuible a una actividad sedentaria o a esfuerzos físicos intensos, como expresión del rol que este sujeto pudo haber tenido dentro del grupo.

Materiales

El sitio donde se exploró el entierro 17, se localiza a dos kilómetros al sur del actual pueblo de Cholul, a 200 metros del anillo periférico, en los entronques que comunican a la ciudad de Motul y el pueblo antes mencionado (Pool *et al.*, 1995), forma parte del área habitacional del sitio de IV rango conocido como “Periférico-Cholul” perteneciente a San Pedro Cholul, llamado así por estar asentado en la hacienda henequenera del mismo nombre y que en el Atlas Arqueológico del Estado de Yucatán se encuentra registrado con las claves 16Q-d(4):64 (Garza y Kurjack, 1980; Pool, 2000; Medina *et al.*, 2008).

Se exploró un montículo que formaba parte de un conjunto habitacional, compuesto por un basamento de forma irregular sobre el cual se identificaron los restos de tres edificaciones. Dos de ellas, ubicadas en los extremos norte y oriente del basamento, presentaban evidencia de haber contado con techos abovedados. En el extremo sur se halló el desplante de una estructura de forma absidal, probablemente construida con materiales perecederos como palma y bajareque. (Figura 2).

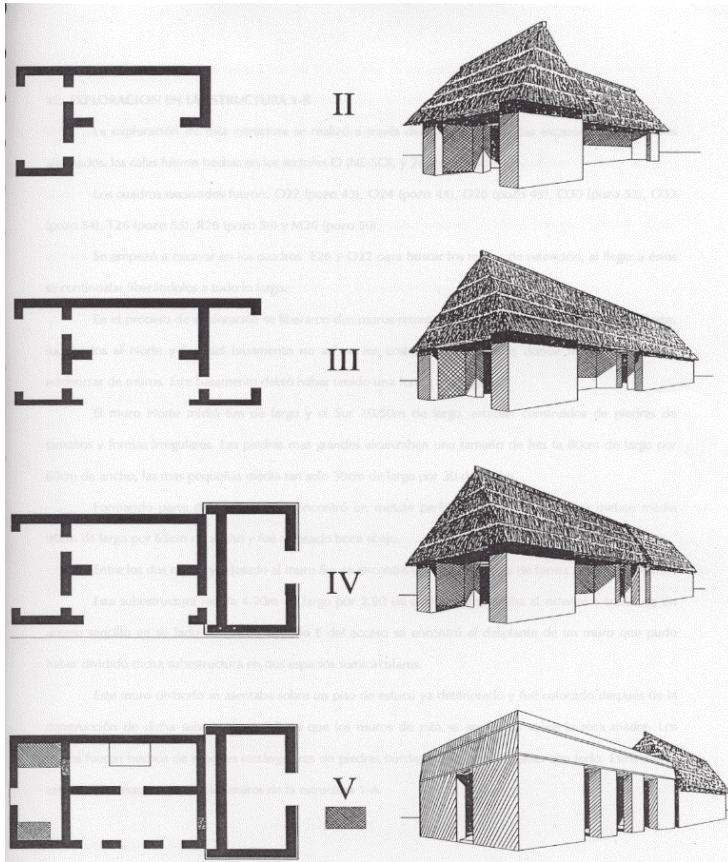


Figura 2. Reconstrucción arquitectónica hipotética de la estructura 1-A.

Este arreglo habitacional formó parte de un núcleo de estructuras habitacionales que abarca un área de 300 metros de largo por 150 metros de ancho; donde a su vez no hay evidencia de grandes estructuras, ya que la mayoría de ellas son basamentos que no rebasan un metro de alto.

Los restos óseos se exploraron en la estructura 1-A (Figura 3), la cual tiene una planta rectangular con las siguientes medidas: 14.50 metros de largo por 6.10 metros de ancho. Estaba conformado por cuatro cuartos dispuestos en una crujía doble con dos cuartos laterales, se orientaba al norte con 7° de desviación hacia el noreste. El tipo de arquitectura de este edificio presenta características semejantes al sistema constructivo de los edificios de Dzibilchaltun como el “templo de las 7 muñecas” (Huchim y Pool, 1995: 5). El techo de bóveda con base de lajas plana superpuestas se relacionan con las técnicas de albañilería entre el Clásico Temprano y Tardío (Andrews V, 1965).

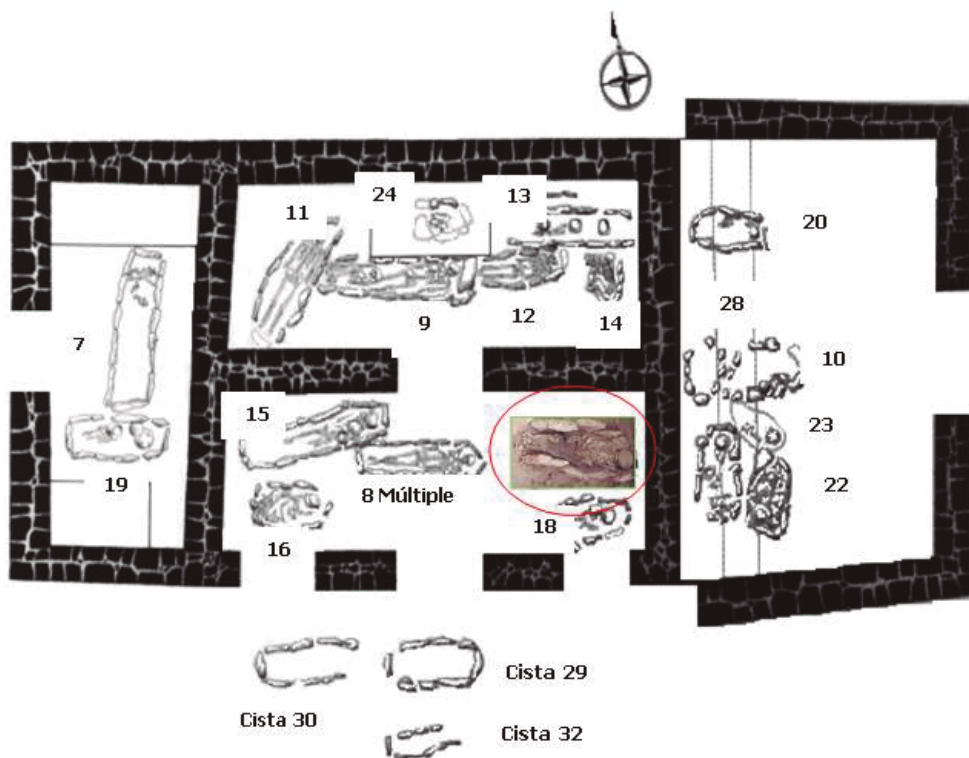


Figura 3. Distribución de entierros en la Estructura 1-A y ubicación del entierro 17.

Los cuartos 1, 2 y 3 se construyeron sobre tres niveles de piso, mientras que el cuarto 4 se asentó sobre dos. En distintos niveles, tanto dentro como debajo de la estructura, se localizaron varias cistas con sus respectivos entierros, sumando un total de 29.

De acuerdo con los resultados del análisis cerámico podemos afirmar que el proceso de desarrollo de la Estructura 1-A ocurrió entre el final del Clásico Temprano y durante la primera mitad del Clásico Tardío. Representado por la faceta tardía del Complejo Yahalcab y las facetas 1 y 2 del Complejo Okinal (550/600-750/800 d.C). En todo este tiempo la estructura sufrió varias modificaciones observándose seis etapas constructivas que reflejan el ciclo de la vida y la historia del grupo doméstico que lo habitó (Pool, 1997). Precisamente el entierro 17 se sitúa en la última etapa constructiva, o sea, en la etapa VI.

Cuadro 1. Distribución de la osteofitosis y su grado de severidad

Vértebra	Grado	Característica
C4	1	Borde filosos en el margen inferior y superior del cuerpo vertebral
C5	1	"
T3	1	"
T4	1	"
T5	1	"
L1	2	Los bordes filosos son muy pronunciados en los márgenes
L2	2	"
L3	3	Bordes filosos extensos parecidos a un hongo invertido
L4	3	Bordes filosos extensos parecidos a un hongo invertido y espolón
L5	3	Bordes filosos extensos

Cuadro 1. Distribución de la osteofitosis y su grado de severidad

Métodos

ESTIMACIÓN DE EDAD Y SEXO

Los parámetros que nos permiten comprender la composición biológica de un individuo son la edad y el sexo. Para la determinación del sexo en individuos adultos, se usan principalmente los parámetros para la pelvis y el cráneo como lo indican algunos autores (Bass, 1971; Ubelaker, 1978).

En cuanto a la asignación de la edad biológica se usaron diferentes criterios según la fase de crecimiento, que en este caso fue la de un adulto, en él se usaron los cambios que sufre, tanto la sínfisis púbica como la superficie auricular propuestas por Todd (en Meindl y Lovejoy, 1989).

DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

Así mismo se valoró el desarrollo de la artropatía a partir del grado de severidad representado por la formación de osteofitos en las vértebras cervicales, dorsales y lumbares (Figura 4 Cuadro 1).

ESTIMACIÓN PARÁMETROS BIOMECÁNICOS

En este apartado explicaremos brevemente como se obtiene el perfil biomecánico del individuo número 17 a partir del cálculo de las áreas, los momentos de inercia y las imágenes de la sección transversal del fémur (Arias y Trejo, 2014). En sentido estricto, la forma de la sección transversal no es una curva

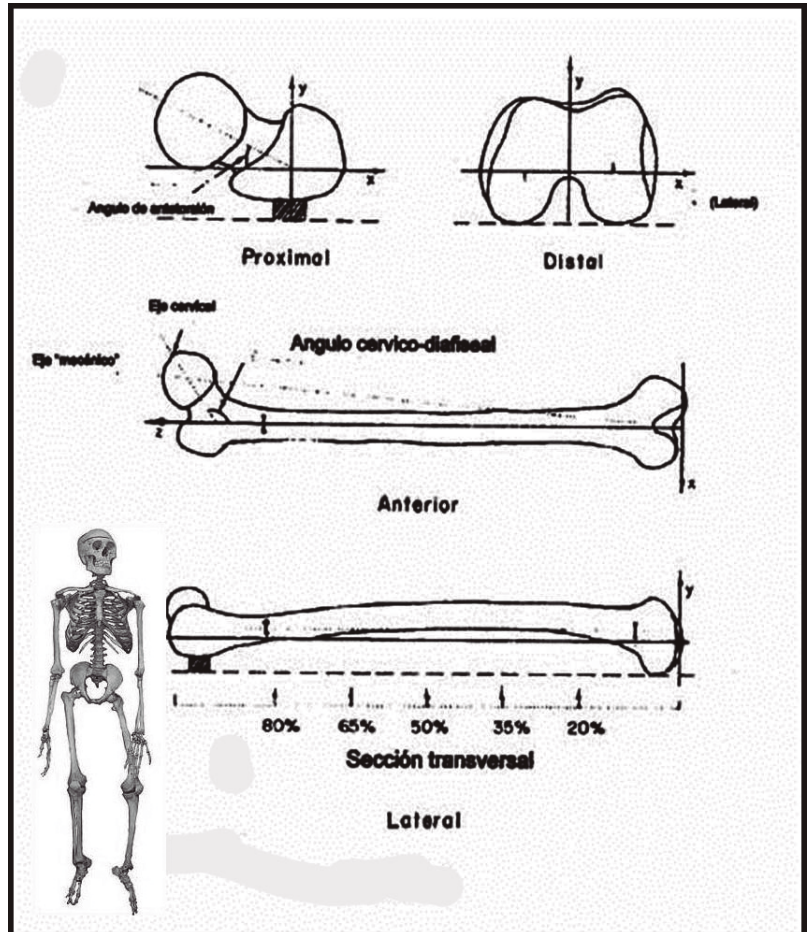


Figura 5. Estación de trabajo para captura y procesamiento de imágenes del TAC. Imagen del autor.

elíptica perfecta, tiene imperfecciones que complican el cálculo del área y de los momentos de inercia, para este propósito se utilizó la tomografía computarizada o *TC-Scan*, la cual es un excelente método no invasivo para investigar la estructura de la sección transversal de los huesos largos (Brock et al., 1988; Bridges, 1989).

Para la toma de imágenes en el tomógrafo, el fémur se coloca siguiendo los planos morfológicos (Figura 5), los cuales son: el plano sagital, correspondiente al eje Y (ordenadas), definido como el plano que atraviesa el punto medio de la anchura mediolateral de la diáfisis, cerca del trocánter menor o región subtrocantérica, y el punto medio de los cóndilos articulares, sobre el surco patelar; y el plano coronal, correspondiente al eje X (abscisas), perpendicular al plano sagital, definido como el plano que atraviesa el punto medio del diámetro anteroposterior de la diáfisis, desde el trocánter menor hasta los cóndilos.



Figura 6. Planos morfológicos utilizados para la toma de imágenes en el TC-Scan. Imagen del autor.

Se utilizó un equipo General Electric CT/e helicoidal, dual multicorte, que permite obtener dos imágenes de alta resolución por corte virtual. Las imágenes se capturan cada 2 mm en dirección proximal-distal, según la sección requerida, con una resolución de 512×512 píxeles y una profundidad de color de 12 bits. Posteriormente, las imágenes se envían a una estación de trabajo (Figura 6), donde pueden imprimirse en papel fotográfico o almacenarse en discos compactos, ya sea en formato comprimido JPEG o en formato no comprimido TIFF. Desde ahí, las imágenes pueden ser leídas en cualquier PC mediante el programa NIH-Image, y al ejecutar una macro diseñada en *Basic*, se obtienen los valores de los parámetros biomecánicos.

El propósito de estas medidas, como bien ya lo dijimos, consiste en medir la fuerza, resistencia y distribución de la masa en la sección estudiada, además de que estas corresponden con las medidas utilizadas en estudios métricos tradicionales (Arias y Trejo, 2014).

Para el cálculo de estos parámetros se utiliza el *modelo de la viga*; en este las secciones transversales son tomadas perpendicularmente al eje axial de la varilla o del hueso, de esta manera son determinadas sus propiedades geométricas, tales como la cantidad y distribución del material óseo en la sección analizada. Estas propiedades son una medida directa de las características

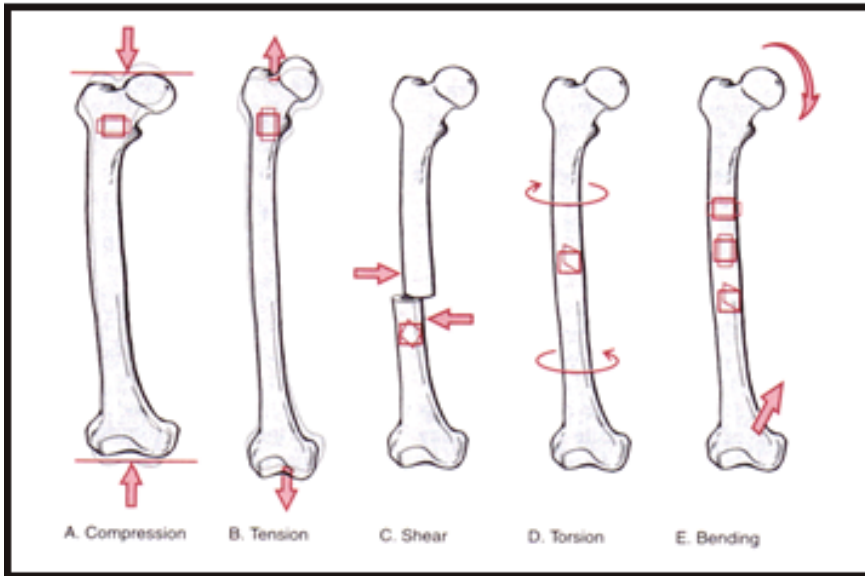


Figura 7. Fuerzas de cargas primarias sobre los huesos largos.

mecánicas del hueso y de la sección, o sea, reflejan la rigidez (o *Strength*) o dureza que le permiten al hueso resistir las fuerzas mecánicas que actúan sobre él (Ruff, 2005: 202 - 212).

Estas fuerzas, generalmente conocidas como “cargas”, derivan de la acción combinada de la gravedad y de los músculos sobre los huesos. Su magnitud puede variar en función de diversos factores, como la masa corporal (peso), la postura habitual y los tipos y niveles de actividad física. Por ello, se presume que las propiedades mecánicas del hueso reflejan tanto las características biológicas como los patrones de comportamiento del individuo que experimentó sobrecarga física en su vida cotidiana. Dado que los huesos poseen propiedades anisotrópicas —es decir, están compuestos por materiales con distintas propiedades mecánicas según la dirección de la carga—, los huesos largos, por ejemplo, presentan mayor resistencia en la dirección longitudinal que en otros planos.

Así, tenemos que las fuerzas de cargas primarias que afectan al hueso son: la tensión, compresión, cizallamiento, flexión y torsión (Figura 7). Aunque puede haber una combinación de ellas, como el caso de la torsión-compresión. En la flexión y en la torsión de una estructura ahuecada, tal como un hueso largo, la magnitud del estrés mecánico es proporcional a la distancia del centro o del eje “neutral” del hueso. El eje neutral es donde el estrés es igual a cero y, en este plano, el hueso tiene una gran resistencia a la fractura.

Una forma de cuantificar el estrés mecánico es calculando los siguientes parámetros biomecánicos: área cortical (AC), área subperiosteal (AM), centroide (x,y), segundos momentos de inercia cercanos al centroide o eje neutral de carga I_x , I_y ; segundos momentos de inercia (I_{max} , I_{min}) sobre los planos mediolateral (ML) y anteroposterior (AP), el ángulo de torsión medido en grados y en sentido contrario a las manecillas del reloj a partir del eje mayor X, y el momento polar de inercia (J). Las áreas óseas (AT, AC, AM, %AC y %AM) son proporcionales a la fuerza de compresión y tensión cuando las fuerzas son aplicadas 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) son los mejores indicadores de la resistencia de los huesos a la función mecánica (O'Neill y Ruff, 2004).

TAMAÑO Y MASA CORPORAL

Por otra parte, las variables que se deben considerar al efectuar estudios que involucren el cálculo de parámetros biomecánicos son: la longitud máxima del fémur (LMF) y la masa corporal (MC). La primera es importante porque forma parte del cálculo de la estatura que nos permite dar una idea del tamaño corporal de los individuos, mientras la segunda, nos permite tener una idea aproximada sobre el peso corporal. También la obtención de estos valores nos permite normalizar los valores de la variación intraespecífica y de esta manera, hacer comparaciones con otros grupos de filiación biológica diferente.

El modo en que los esfuerzos se distribuyen sobre el hueso demuestra que LMF y MC están estrechamente relacionadas con la geometría transversal de los huesos largos (Ruff, 2000), el área cortical (AC) y área medular (AM), puesto que, sobre la diáfisis de los huesos largos y durante los procesos de tensión y carga la cantidad de masa ósea distribuida en la sección transversal es directamente proporcional a la tensión ejercida sobre el hueso. Dicho en otras palabras, la tensión o esfuerzo ejercida durante la flexión son proporcionales a la cantidad y distribución de la masa ósea en el área estudiada y a la longitud de los huesos largos.

El máximo estrés que puede soportar una sección transversal se calcula como sigue: Mc/I , donde M es el momento de flexión, c es la máxima distancia del eje neutral hacia el punto más externo de la sección transversal, e I es el segundo momento de inercia de la sección. Mientras que Mc/I calcula la flexión en un solo eje, Mc/J es proporcional al promedio de la flexión de la sección como un todo, porque J es la suma de los esfuerzos realizados en los planos perpendiculares (ML y AP) al mismo tiempo, en los humanos I/c y J/c son

proporcionales a $l^{0.73}$ y $J^{0.73}$ para el fémur y tibia, de aquí que, los momentos de flexión (M) sean directamente proporcionales a la masa corporal y a la longitud máxima del fémur. Con base a estas consideraciones se incluirán los valores individuales biomecánicos en las curvas de correlación de los parámetros biomecánicos de los 107 individuos de referencia para apreciar su posición en el conjunto total.

Para el cálculo de la estatura, a partir de fémures completos y según recomiendan (Steele y Bramblet, 1988) se utilizan las ecuaciones de regresión obtenidas por Genovés (1967) y corregidas por Del Ángel y Cisneros (2004) para el cálculo respectivo de la estatura, por lado y sexo.

Masculinos

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

Femeninos

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

Además de la talla o tamaño corporal, se considera la masa corporal que también influye en los parámetros biomecánicos. Esta es estimada de acuerdo con las ecuaciones de regresión siguientes obtenidas a partir de estudios que incluyen 35 poblaciones a nivel mundial, tanto prehistóricas como contemporáneas (Grine et al., 1995; Ruff et al., 1997):

Masculinos

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

Femeninos

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

Resultados y discusión

Comenzaremos esta discusión analizando el estatus social del individuo (Saxe, 1970; Binford, 1971). Para ello, revisaremos los elementos asociados como el ajuar funerario que acompañaba a este individuo. Dicho ajuar estaba compuesto por los siguientes elementos: una venenera tipo Chicxulub, un vaso cilíndrico tipo Chablekal Gris Fino proveniente de la región de Palenque, Chiapas (Rands, 1973; Foias, 1996); un cajete trípode tipo Chemax Negro sobre Pizarra, que caracteriza a la esfera Ce Pech del Norte de la península para el Clásico Terminal (Robles, 1980; Varela 1993); un pectoral de concha (*Psoronaias semigranosous*) y dos agujas de hueso, manufacturadas a partir de asta de venado. Al comparar las características generales de los materiales asociados a los 28 entierros



Figura 8. Plato asociado al entierro 17, colocado encima del cráneo.



Figura 9. Venenera asociada al entierro 17.

restantes y los que están asociados al individuo del entierro 17, encontramos que la cerámica, representada fundamentalmente por platos (Figura 8), cajetes y veneneras (Figura 9), dejar ver que se trata de una manufacturación con técnicas refinadas (Pool, 1997: 112). Todas estas ofrendas se asocian a contextos funerarios y la mayoría tuvieron una función doméstica y/o culinaria.

En segundo lugar, tenemos objetos que se pueden clasificar como suntuarios. Estos son: concha, caracol, jadeíta sílex, obsidiana, piedra, concha y jadeíta (Figura 10); cuya procedencia es del Valle del Motagua en Guatemala



Figura 10. Diversos elementos asociados a los entierros de la estructura 1-A, piedra, concha, jade y obsidiana.

(Kovacevich, 2006), huesos de animales manufacturados con representaciones glíficas, cuentas para adorno facial, pectorales y sellos. Productos que tienen un origen comercial y artesanal con otros lugares, también del área maya (Andrews, 1965).

Entre estos dos grupos de materiales se observa una notable heterogeneidad y diversidad de objetos, representativa de la calidad de la fuerza de trabajo y del nivel de manufactura invertidos en su producción. Esta variedad podría estar revelando la existencia de una organización artesanal y de una producción en serie subyacentes a la economía de la sociedad en la que este individuo y su grupo se desarrollaron.

Ahora bien, considerando los artefactos asociados al individuo del entierro 17, y desde una visión en función de las etapas constructivas y el tipo de arquitectura, posiblemente podamos tipificar a un individuo de clase social alta (Arias y Pool, 2003).

Se trata de un individuo de sexo masculino, con una edad estimada mayor a los 30 años. Fue depositado en posición de decúbito dorsal extendido, en un entierro primario, con orientación este-oeste. No fue posible determinar si presentaba deformación craneana intencional, ya que un plato trípode colocado sobre su cráneo lo aplastó casi por completo. Sin embargo, sí se pudo observar evidencia de mutilación dentaria.

Con relación a la aparición de los osteofitos o rebordes óseos en el cuerpo vertebral, se sabe que es una expresión de un caso particular de artritis. La artritis es un conjunto de enfermedades osteoarticulares que ataca a casi

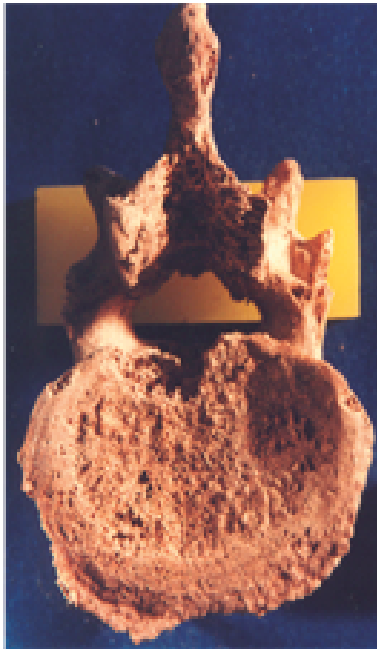


Figura 11. Cara superior de L4, artropatía y nódulos de Schmorl. Entierro 17.

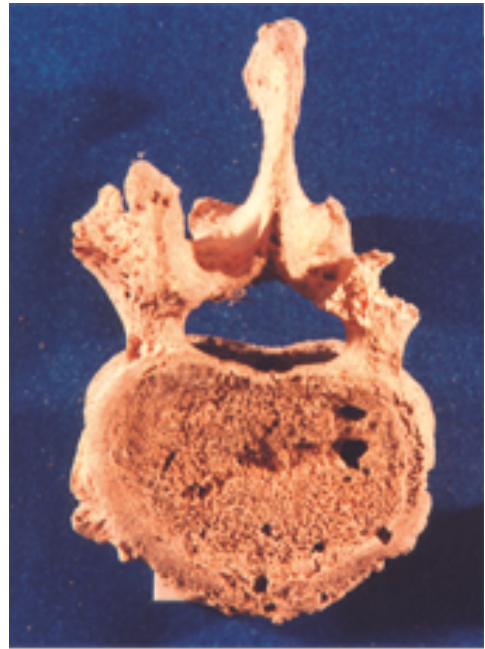


Figura 12. Cara superior de L3 mostrando los rebordes óseos y nódulos de Schmorl.

todas las articulaciones y muy especialmente a la columna vertebral, en la que se presentan los cambios más notables.

La osteoartritis se clasifica en primaria y secundaria. La primera es resultado de una combinación de factores que incluyen sexo, edad, hormonas, estrés mecánico y predisposición genética. La segunda es la ocasionada por un trauma u otra causa tal como la invasión de las articulaciones por una bacteria (séptica o pirogénica, artritis, seguida de una complicación como osteomielitis)(Stini, 1995).

En este estudio pudimos valorar el grado de severidad de este proceso (ver Cuadro 1), así, las vértebras C4 y C5 tuvieron un grado de 1, o sea con los rebordes ligeramente formados; T3, T4 y T5, con grado 1, o sea rebordes óseos aún en formación; sin embargo, para L1, L2, L3, L4 y L5 el grado de severidad fue de 3, o sea crecimiento excesivo de los rebordes óseos a tal grado que tenemos la presencia de un espolón (Figura 11) en L4 que creció en sentido longitudinal abarcando a la porción anterior de L5. Además, estas vértebras presentaron en sus caras intervertebrales nódulos de Schmorl (Figura 12), que generalmente se forman cuando los discos cartilagosos intervertebrales son destruidos en su etapa de formación, generalmente durante la niñez cuando son sometidos a esfuerzos físicos continuos y el sujeto soporta cargas pesadas.

Las características de la osteofitosis incluye la presencia de rebordes festonados en los bordes anterior y anterolateral de los cuerpos vertebrales, los cuales varían desde pequeñas protuberancias que se proyectan más o menos horizontalmente, hasta un reborde orlado que se expande hacia fuera y en dirección de la vértebra subyacente o suprayacente, dándole al cuerpo vertebral la forma de un hongo. Ésta se presenta con mayor frecuencia en la región lumbar y con menor incidencia en la cervical (Morse, 1969).

Aun cuando no se conoce con certeza la patogenia de este tipo de afecciones, en general se cree que es un fenómeno degenerativo asociado a problemas de malnutrición y con mayor frecuencia presente en la senectud, que se acelera por la excesiva demanda funcional. Sin embargo, Trueta (Aegerter, 1976), dice que la falta de actividad física puede también causar artropatía degenerativa.

Es común la compresión de las raíces nerviosas que provoca neuropatía, la cual puede originarse por la intrusión de espolones óseos en el espacio de los forámenes, por el prolapso lateral de un disco degenerado o por el estrechamiento de los forámenes causado por una subluxación de las articulaciones apofisarias (Morse, 1969).

En la región lumbosacra, el daño de las raíces nerviosas se asocia con dolor lumbar y signos neurológicos (McCarty, 1983). A pesar de que la función se ve limitada, la movilidad de la articulación no se ve afectada. Cabe aclarar que, estos síntomas clínicos no necesariamente se presentan a pesar de la evidencia y del grado de avance de los osteofitos, sin embargo, lo planteamos como una posible hipótesis de los síntomas que pudieron haber estado presentes en el individuo del entierro 17.

Las características de esta afección son: alteraciones de la placa articular, cerca de la superficie articular; aquí las líneas de fuerza se alteran, el cartílago que está en los bordes de la placa crece hacia la periferia, formando espolones, osteofitos o exostosis. En su fase inicial es un labio marginal (Aegerter, 1982). Para nuestro caso, y según lo antes descrito, estamos ante la presencia de una artropatía degenerativa.

Con relación al estado que presentaban las articulaciones de los segmentos inferiores y superiores, y con la finalidad de constatar que se trataba de una artritis primaria no sistémica, pudimos notar la ausencia de procesos artríticos en otras regiones del esqueleto poscraneal, con excepción de una coxartrosis, quizá producto de la poca movilidad de esta articulación por causa de la artrosis vertebral y para limitar el dolor (Figura 13).

Existen diversos factores que predisponen, influyen y agravan los síntomas en la formación de procesos artríticos. Entre estos se incluyen el sexo, la raza, la herencia, el clima, la obesidad y los traumatismos cercanos a las articulaciones.

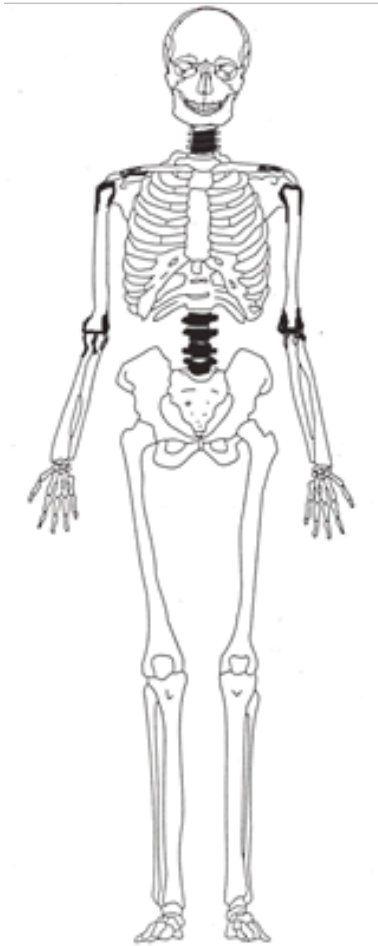


Figura 13. Regiones anatómicas afectadas con artritis. Entierro 17.

De todos ellos, el factor de mayor influencia es el último, relacionado con la desalineación articular, como ocurre en casos de luxación congénita de la cadera, torceduras crónicas o recurrentes, afecciones vinculadas a la obesidad o cuando se realizan trabajos que implican esfuerzos repetitivos.

Estudios modernos y autopsias indican que los cambios degenerativos producidos por la osteoartritis comienzan alrededor de la segunda década de la vida, a los 40 años (Waldron, 1994). El 90 % de todas las personas tendrá cambios de este tipo en las articulaciones que soportan carga, aunque no presenten síntomas clínicos. Precisamente la edad del individuo 17 se ubica en el rango reportado por estos estudios (Waldron, 1994: 95).

Por otro lado, al analizar 107 fémures de 14 sitios peninsulares, 50 fémures de grupos mayas chiapanecos y 50 fémures de cazadores recolectores de la

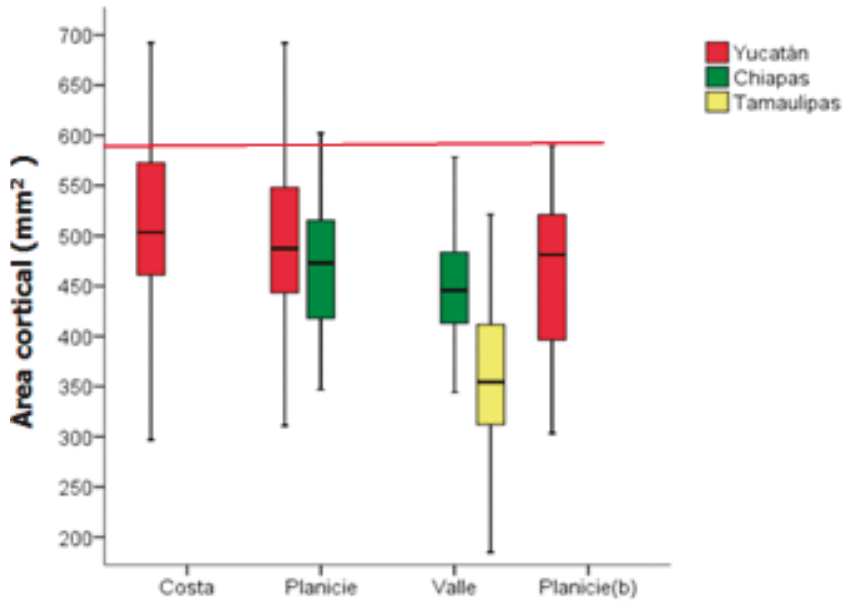


Figura 14. Comparación del primer momento de inercia. Área cortical, entre el individuo 17 y datos de referencia de otros grupos.

región del Valle de Tula, en Tamaulipas y de grupos mayas contemporáneos (siglo XIX), según sexo, geografía y cronología (Arias, 2014, 2016), encontramos que los valores de los parámetros biomecánicos correspondía a individuos que se habrían desplazado en terrenos ásperos y montañosos, pero al no existir este tipo de paisaje en la península, ni en la costa ni en las planicies interiores, concluimos, que más bien fue el ambiente socioeconómico el que influyó directamente en la forma y resistencia de los fémures. La pregunta entonces sería, ¿Qué factores del entorno social, pueden afectar la estructura interna de los huesos largos, o en general al sistema óseo?

Si el grupo o el individuo se desenvuelve en un entorno agresivo, digamos ciertos niveles de exigencia física, tales como trabajos cotidianos excesivos de transporte, carga y movilidad, o acaso la calidad de la alimentación, es probable que tengamos una afectación en los huesos.

Con esta hipótesis, decidí aplicar el cálculo de los parámetros biomecánicos a este individuo, puesto que el análisis tradicional de la morfología del fémur nos indicaba una persona grácil, no robusta y que pudiera estar relacionada con algún tipo de actividad física inusitado (Arias y Pool, 2003).

Así los primeros momentos de inercia, representado por el área cortical (Figura 14), presenta valores elevados. El área cortical fue 580 mm², se ubica

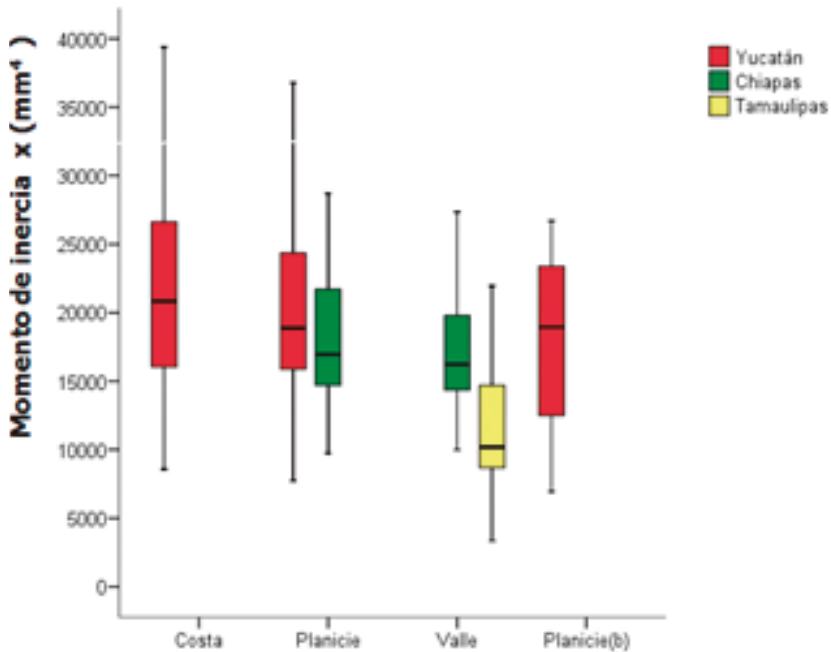


Figura 15. Comparación del momento polar de inercia, entre el individuo 17 y los tres grupos mesoamericanos.

en el rango de $m+3s$. Este valor nos da idea de un fémur muy resistente a la fractura, con mayor espesor que aquellos que vivieron en la costa y en la planicie yucateca, a pesar de que este sitio está a menos de 50 km de la costa.

En cuanto a los segundos momentos de inercia, el momento de inercia sobre el eje (x) o plano AP (Figura 15), fue de un valor cercano a los 5000 mm^4 . Se ubicó en la curva normal de los grupos tomados como referencia, en $m+3s$, de nueva cuenta un valor elevado que significa un fémur resistente a la fractura y a la flexión en dicho plano, que supera en valor a los otros grupos, un fémur más reforzado en el plano AP que en el plano ML.

El siguiente parámetro es el momento polar de inercia (Figura 16), el cual fue de un valor de 45000 mm^4 . Este valor se ubica en $m+2s$, en el grupo de los mayas prehispánicos que vivieron en la costa y siendo consistente con el mismo grupo étnico, y ligeramente superior a los de la planicie y muy lejano de los cazadores-recolectores. Este parámetro es importante porque está relacionado con procesos de actividad física intensa y es consistente con su ángulo de torsión con un valor de 75° .

Un parámetro derivado de lo anterior es el Índice de Nordin, que estima la capacidad de movilidad física del individuo (Figura 17), y que se expresa como

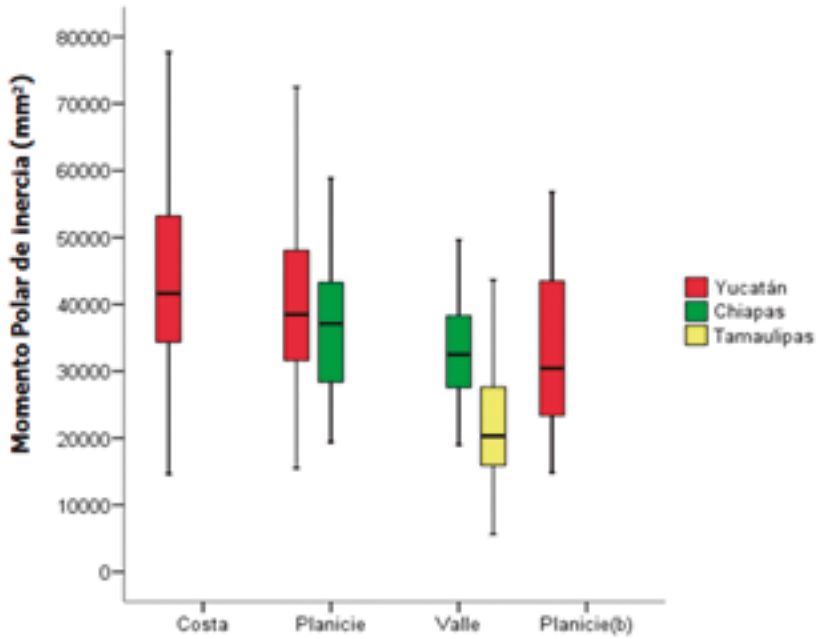


Figura 16. Comparación del segundo momento de inercia sobre el plano AP, entre el individuo 17 y el resto de los grupos mesoamericanos.

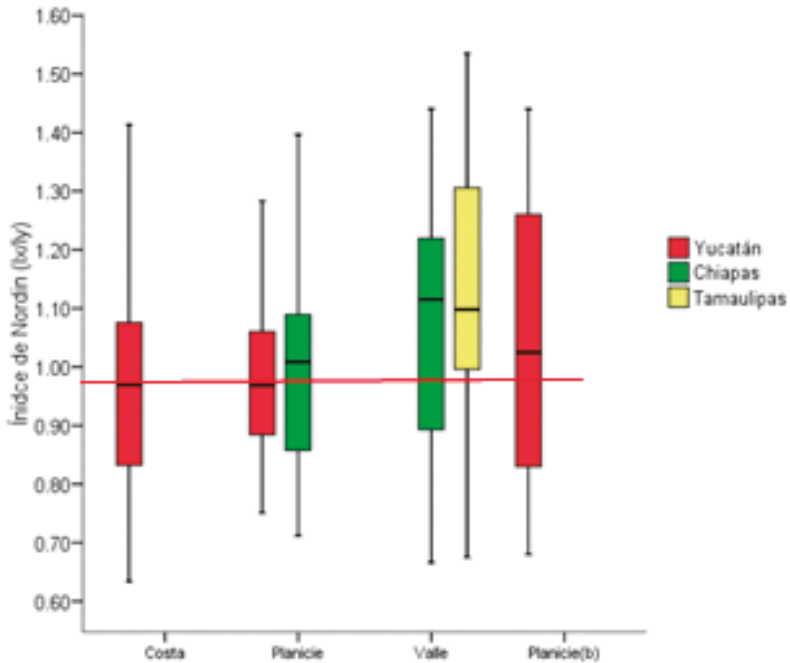


Figura 17. Comparación del tamaño corporal, entre el individuo 17 y los tres grupos mesoamericanos.

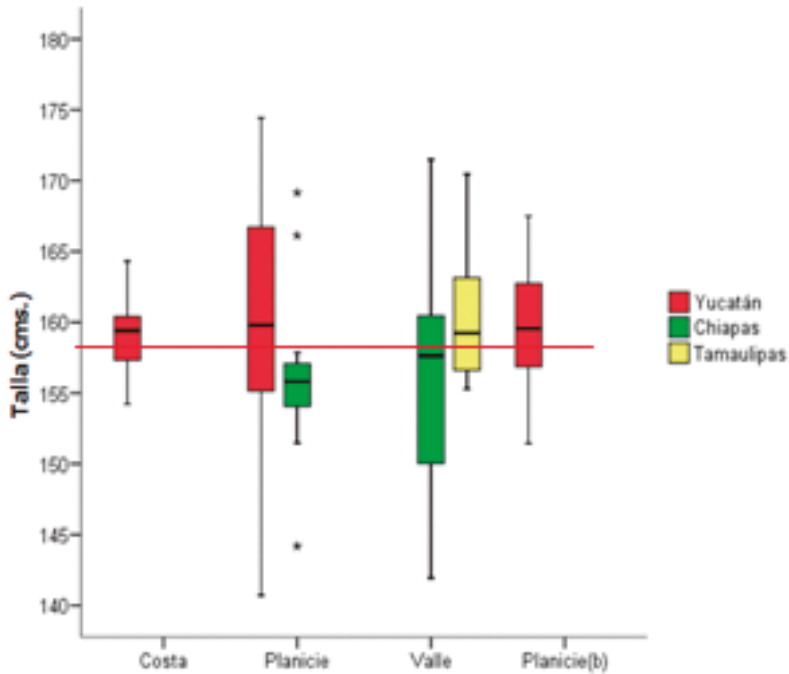


Figura 18. Comparación del momento polar de inercia, entre el individuo 17 y el resto de los grupos mesoamericanos.

el cociente entre el plano AP y ML y tiene que ver con la forma de la diáfisis. Se obtuvo un valor muy cercano a 1, esto significa una diáfisis entre redonda y elíptica, propio de individuos sedentarios, y de grupos que se dedican a actividades agrícolas, más que a actividades pesqueras.

¿Por qué estos valores elevados de los primeros y segundos momentos de inercia? En estricto sentido, corresponderían a un individuo que tuvo una vida difícil o que habitó en terrenos escabrosos, lo cual no es el caso. Estos valores reflejan una notable contradicción con el estatus previamente descrito.

Por último, veamos, cual fue el comportamiento del tamaño y masa corporal. Para el tamaño se calculó la estatura, la cual se estimó con base en las fórmulas de Genovés que considera la longitud de los huesos largos, estimándose este parámetro en 159 cm aproximadamente (Figura 18), siendo clasificada como estatura media (Del Ángel y Cisneros, 1998).

A nivel interespecífico, la masa corporal (Figuras 19 y 20), presentó una asociación estrecha significativa con la variable biomecánica momento polar de inercia que describe los procesos de carga física.

Así, durante el periodo Clásico, estas asociaciones se presentaron en individuos masculinos de la planicie, lo cual es coherente con los hallazgos de

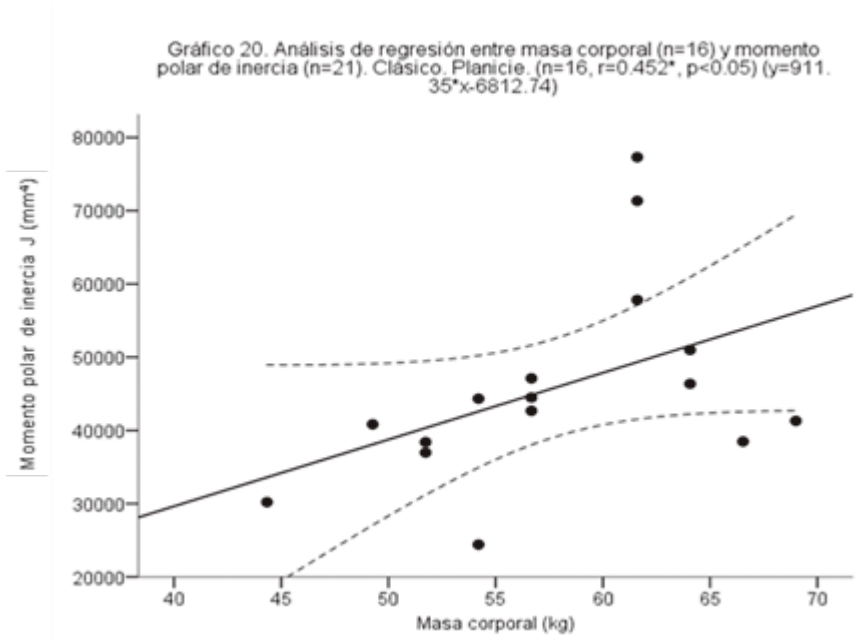


Figura 19. Correlación de la masa corporal y momento polar de inercia interespecifica y el individuo 17 del Cerro. ($r = 0.452^*$, $p < 0.05$).

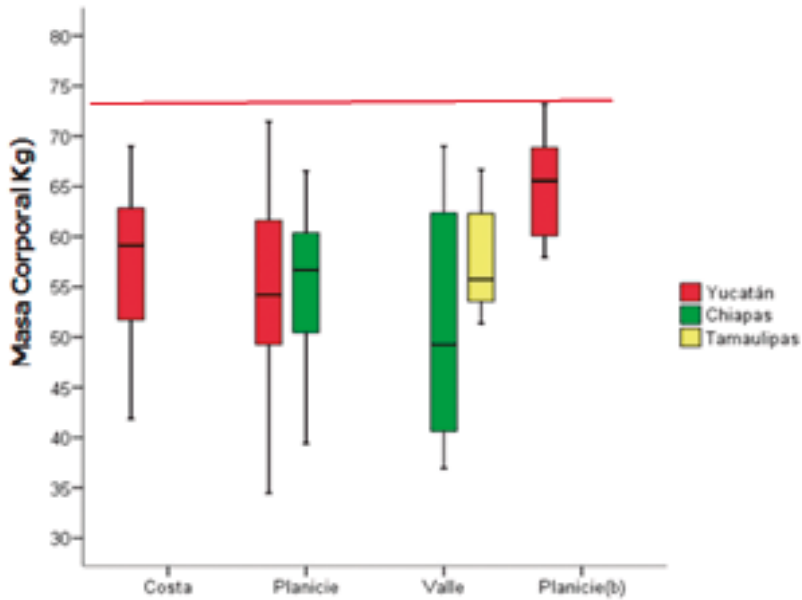


Figura 20. Comparación de la masa corporal del individuo 17 y los tres grupos mesoamericanos.

ese periodo, donde se identificaron causas próximas que se intensificaron, como las actividades de subsistencia relacionadas con la agricultura, y causas finales vinculadas a la centralización del poder. Esta centralización requería una mayor cantidad de mano de obra para la construcción de infraestructura urbana y ceremonial, lo que, a su vez, implicaba esfuerzos físicos continuos.

Por otro lado, Weiss (2006) plantea que la osteoartritis es la segunda patología más común presente en las colecciones antropológicas. Aunque se conoce mucho sobre la osteoartritis, aún no se sabe si en las poblaciones de esqueletos hay una correlación entre la osteoartritis y la masa corporal. Este autor estudia la osteoartritis utilizando una escala ordinal de cuatro puntos en una muestra de 114 amerindios californianos prehistóricos adultos.

La masa corporal fue calculada a partir de la anchura de la cabeza femoral y la longitud femoral se midió usando procedimientos estándar, y al aplicar correlaciones de Spearman, encuentra, que la masa corporal y la longitud femoral no correlacionaron significativamente con ninguna patología osteoartítica observada en los segmentos distales y proximales de los huesos que soportan carga (fémur y tibia), sin embargo la edad si correlacionó significativamente con casi todas las variables de la osteoartritis (cadera, $r = 0,507$; rodilla, $r = 0,528$; cervical, $r = 0,513$; torácica, $r = 0,647$; lumbar, $r = 0.507$, valores $P < 0.001$); y la masa corporal y la longitud femoral correlacionaron con el sexo (valores $r = 0.835$ y 0.654 , valores $P < 0.001$). Y según la edad y el sexo, la masa corporal correlacionó negativamente con la variable de osteoartritis de la cadera ($r = 0.202$, $P < 0.05$). Sin embargo, se ha encontrado en este trabajo una correlación significativa con los parámetros biomecánicos.

Aun así, los resultados obtenidos por esta investigadora concuerdan con hallazgos previos en la literatura antropológica y resaltan las complejidades de la etiología de la osteoartritis.

Por el contrario, pero de manera similar a nuestro caso, Larsen (2006), al investigar las relaciones de poder y subordinación entre los nativos de las misiones y los españoles en el momento del contacto, encuentra, que el peso corporal relativo a la talla fue sistemáticamente alterado durante el periodo de las misiones.

La demanda mecánica sobre los miembros inferiores, en este caso el fémur, estuvo sometida al estrés derivado de una combinación que involucraba tanto el peso corporal como la talla. Se identificaron los factores próximos relacionados con un aumento en el sedentarismo en este grupo, así como la acción conjunta de una dieta de baja calidad. Se argumenta que la proporción entre el peso corporal y la talla aumentó debido a un elevado consumo de carbohidratos, combinado con el sedentarismo y el confinamiento de la movilidad de

los nativos que vivían en las misiones, lo que también podría haber contribuido a una tendencia en el aumento de peso.

Si esto es cierto, entonces podría aplicarse tanto a nuestra población como al individuo 17 del Cerro, aunque bajo diferentes condicionantes socioculturales. En este caso, se observaría el mismo efecto: un aumento en la tasa de peso corporal y en la longitud máxima del fémur, lo que a su vez tendría repercusiones en ciertos parámetros biomecánicos de la sección transversal. Además, esto implicaría que la ganancia de peso desempeñaría un papel más importante en el aumento de los segundos momentos de área que la actividad física por sí sola.

Sin embargo, el incremento en la demanda de trabajo y el incremento en el peso corporal probablemente actuaron simultáneamente para incrementar los segundos momentos de área y el momento polar de torsión, en este grupo de nativos (Larsen, 2006) y entre los mayas prehispánicos, incluyendo al individuo de la cista 17.

Conclusiones

A continuación presento algunas consideraciones finales sobre este análisis. Se acota que, en nuestro caso y para efectuar el diagnóstico diferencial, solo tenemos restos óseos secos y por tanto, las posibilidades de precisión se ven limitadas. Es decir, la ausencia de tejidos blandos y sangre nos limitan la oportunidad de efectuar análisis químicos que permitirían confirmar la gravedad de esta afección. Sin embargo, proponemos como hipótesis probable, la relación de ello con el estatus de este individuo. Un estatus que como vimos anteriormente está definido por la fina cerámica y demás artefactos asociados provenientes del área maya central; quizá producto del comercio con esas regiones y de la propia península. Ello permite estimar su probable nivel de vida y el desarrollo de los procesos osteoartíticos observados.

Al respecto, se sabe que pudieron existir múltiples determinantes dadas por el contexto ecológico y socioeconómico donde el individuo vivió y que influyen de manera decisiva sobre sus condiciones de vida. Sin embargo, en este trabajo, y para efectos del análisis lo estamos reduciendo a la sola variable, que refiere al posible *rol* del individuo dentro del grupo. Con base en ello nos aventuramos en afirmar que el individuo de la cista número 17 pertenece a un estrato social medio, con acceso a recursos materiales variados producto del comercio o tal vez intercambio, no tan fácilmente accesible a la gran mayoría de la población.

En lo que a las variaciones morfológicas se refiere y haciendo un balance de las consideraciones arriba mencionadas, la tendencia general observada en este individuo es a presentar aumento en el desarrollo muscular, indicado por la presencia de fuertes crestas óseas producto de las inserciones musculares, más pronunciado en los miembros inferiores que en los superiores, lo cual nos podría sugerir algún tipo de actividad física intensa en esta porción corporal. Es el caso de que el valor del índice platimérico fue bajo, además de que este valor se asocia con determinados estados patológicos tales como la osteoartritis y se debería a un esfuerzo femoral inusitado durante la infancia y la adolescencia.

En resumen, podemos decir que, las características óseas generales y el tamaño corporal nos indican a un sujeto con una composición ósea semi-robusta y de estatura media.

Por otro lado, la presencia de los nódulos de *Schmorl* en las vértebras lumbares, el grado de severidad de los osteofitos y la presencia del espolón en la vértebra lumbar; nos sugiere que este sujeto estuvo involucrado en ciertas actividades físicas intensas durante su niñez y adolescencia que le provocaron el desarrollo de estos procesos o tal vez, que esta artropatía no sistémica fue producto de un traumatismo ocasionado por su grado de obesidad. Esto es observado en la 5ta. vértebra lumbar con colapso secundario.

Se sabe que el grupo donde este sujeto creció tenía acceso a una cierta calidad de bienes y recursos, y que según se analizó en otro trabajo (Arias y Pool, 2001) al efectuar los análisis métricos en el resto de los individuos, estos presentaban una morfología ósea que se hacía más grácil hacia las etapas constructivas tardías y que se agudizaba en la etapa VI, etapa constructiva donde se ubica el entierro 17. Todo ello sugiere la posibilidad de un grado creciente de sedentarización producto de la posición social de este grupo y por ende la de este individuo, a pesar de haber tenido una vida difícil en su niñez y juventud.

Por tanto, podríamos pensar que una posible explicación de la aparición de la artritis primaria identificada por la espondiloartrosis sería la resultante de una combinación de esfuerzos físicos en una etapa temprana de su vida y una probable sedentarización, producto de un determinado estilo de vida en la etapa de adulto.

Bibliografía

- Arias López, J.M. y Marcos Pool Cab. "Los entierros del sitio "El Cerro" Análisis de la variabilidad biológica y cultural en un grupo doméstico del Clásico Tardío" en *Mexikon. América Antigua*. Berlín, 2001.
- . "Un caso de osteofitosis en un grupo doméstico del Clásico tardío maya ¿Sedentarización o estrés físico?" en *Arqueología* 30, México, INAH, 2003, pp. 37 - 50.
- Arias López JM. y William Javier Trejo Castillo. "Aplicación de la tomografía computarizada al cálculo de los parámetros biomecánicos de la sección transversal de los huesos largos" en *Ciencia ergo-sum*, vol. 21-1, marzo-junio. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, 2014, pp. 36 - 46.
- Aegerter, Ernest y John A. Kirkpatrick. *Enfermedades Ortopédicas*, Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 1976.
- Andrews V, E. Wyllys. "Archaeology and Prehistory in the Northern Maya Lowlands" en *Handbook of Middle American Indians*, University of Texas Press, Austin, vol. 2, 1965, pp. 228 - 330.
- Bass, William. *Human Osteology: A Laboratory and Field Manual of Human Skeleton*. Missouri Archaeological Society, Columbia, 1971, pp. 76 - 120.
- Binford, Lewis R. "Mortuary practices: their study and their potential" en Brown, J. A. (edit.). "Approaches to the social dimensions of mortuary practices" *Memoirs of the Society for American Archaeology*, No. 25, 1971, pp. 6 - 29.
- Brock Sharon, 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* 75, 1988, pp. 113 - 127.
- Bridges, Patricia S. "Changes in Activities with the Shift to Agriculture in the Southeastern United States" en *Current Anthropology* 30, 1989, pp. 385 - 394.
- Cholé, Andrieu, y Forné, Mélanie. "Producción y distribución del jade al mundo maya: talleres, fuentes y rutas de intercambio en el contexto interregional vista desde Cancuén" en Bárbara Arroyo, A. Linares y L. Paíz (eds.). *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala 2009*, Guatemala, Museo Nacional de Arqueología y Etnología, 2010, pp. 946 - 995.
- Del Angel, A. y Héctor B. Cisneros. "Technical Note: Modification of Regression Equations Used to Estimate Stature in Mesoamerican Skeletal Remains" en *American Journal Physical Anthropology*. No.125, 2004, pp. 264 - 265.
- Foias, Antonia. *Changing Ceramic Production and Exchange Systems and the Classic Maya Collapse in the Petexbatun Region*. Tesis de doctorado en antropología, Universidad de Vanderbilt, Nashville, Tennessee, 1996.

- Genovés, Santiago. "Proportionality of the Long Bones and Their Relation to Stature among Mesoamericans" en *American Journal of Physical Anthropology* 26, 1967, pp. 67 - 78.
- Grine E. Frederick; William L Jungers; Phillips V. Tobias & Osborn M. Pearson. "Fossil Homo femur from Berg Aukas, northern Namibia" en *American Journal of Physical Anthropology* 97(2), 1995, pp. 151 - 185.
- Kovacevich, Brigitte. *Reconstructing Classic Maya Economic Systems: Production and Exchange at Cancuen, Guatemala*. Tesis de doctorado en antropología, Universidad de Vanderbilt, Nashville, Tennessee, 2006.
- Larsen, C. Spencer. *Bioarcheology. Interpreting behavior from the human skeleton*. Cambridge, University Press, 1997, pp. 27 - 78.
- McCarty, Daniel. "Principios de diagnóstico y tratamiento de las artritis infecciosas" en *Artritis y enfermedades conexas*. Editorial Panamericana. Buenos Aires, 1983, pp. 1386 - 1387.
- Meindl, Richard S y C. Owen Lovejoy. "Age changes in the pelvis: implications for paleodemography" en *Age markers in the human skeleton*. Memhet Yasar Iscan (Ed) Charles C. Thomas, Pub, Springfield, 1989, pp. 137 - 168.
- Medina M. Cecilia, María José Gómez Cobá y Luis Raúl Pantoja Díaz. "Contenedores de Piedra: El Sistema funerario en San Pedro Cholul, Yucatán" en *Los Investigadores de la Cultura Maya*, 16, t. I., UAC, México, 2008, pp. 99 - 110.
- Morse, Dan. "Ancient disease in the Mid-West" en *Illinois State Museum Reports of Investigation*, No. 15, Springfield, 1969, pp. 23 - 35.
- O'Neill Matthew C y Ruff Christopher B. "Estimating human long bone cross-sectional geometric properties: a comparison of noninvasive methods" en *Journal of human evolution* 47(4), 2004, pp. 221 - 235.
- Pool Cab, Marcos N. *Crecimiento de una Unidad Doméstica*, tesis de Licenciatura en Arqueología, UADY, México, 1997, pp. 19 - 65.
- . "Rescate Arqueológico en el Polígono Cholul. Informe técnico" en Archivo de la sección de arqueología del Centro Regional INAH, Yucatán, 2000, pp. 2 - 35.
- Pool Cab, Marcos N, José Manuel Arias López y José Huchim Herrera. *Informe de las labores de rescate arqueológico en el sitio Periférico-Cholul, Mérida, Yucatán*, INAH, México, 1995, pp. 87 - 120.
- Rands, Robert. "The Ceramic Sequence at Palenque, Chiapas" en *Mesoamerican Archaeology, New Approaches*. Hammond Ed. University of Texas Press, USA, 1973, pp. 51 - 74.
- Robles, Fernando. *La Secuencia Cerámica de la Región de Cobá, Quintana Roo*. Tesis de Maestría, ENAH, México, 1980.

- Ruff, Christopher B. "Body mass prediction from skeletal frame size elite athletes" en *American journal of physical anthropology* 113(4), 2000, pp. 507 - 517.
- . "Mechanical determinants of bone form: insights from skeletal remains" en *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 5(3), 2005, pp. 202 - 212.
- Ruff, Christopher B. Eric Trinkaus y Trenton W. Holliday. "Body mass and encephalization in Pleistocene" en *Nature* 387, 1997, pp. 173 - 176.
- Saxe, Arthur A. "Social dimensions of mortuary practices", Ph. D Dissertation. University of Michigan. University Microfilms. Ann Arbor, 1970.
- Steele, D. Gentry y Claude A. Bramblet. *The Anatomy and Biology of the Human Skeleton*, Texas University Press, Collage Station, Texas, 1988.
- Stini, William A. "Osteoporosis: etiology, prevention and treatment" en *Yearbook of Physical anthropology* 33, 1995, pp. 151 - 194.
- Ubelaker, Douglas. "Humans Skeletal Remains, Excavation, Analysis, Interpretation" en *Manuals in Archaeology*, 2, Taravacum, Washington, 1978.
- Varela T, Carmen. "El Complejo Cerámico Motul en el Occidente de Yucatán y la Transición a la Cerámica Pizarra" en Ponce de León M. J. y Ligorred P.F (eds.). *Perspectivas Antropológicas en el Mundo Maya*. Catalonia, España, Sociedad Española de Estudios Mayas, 1993.
- Waldron, T. *Counting the Dead: The epidemiology skeletal populations*, John Wiley y Sons, 1994, pp. 94 - 103.
- Weiss, Elizabeth. "Osteoarthritis y body mass" en *Journal of Archaeological Science* 33, 2006, pp. 690 - 695.

