

EFFECTOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
EN EL DETERIORO DE LOS RESTOS ÓSEOS COLONIALES
DEL SIGLO XVI EN LA COMUNIDAD
DE LOS OLMOS, HIDALGO

Arturo Gómez Serrano, Serafín Sánchez Pérez
y José Luis Castrejón Caballero

Escuela Nacional de Antropología e Historia

RESUMEN

Las interpretaciones antropofísicas derivadas de las osamentas humanas dependen siempre de los elementos esqueléticos preservados en los contextos de enterramiento. El hueso se altera por varios factores, principalmente por las características físico-químicas del suelo, las cuales, a su vez, están determinadas por las condiciones ambientales como el clima, la geología y la geomorfología. Los estudios de osteología humana, en antropología física, se han caracterizado por describir y analizar aspectos morfológicos y patológicos de los restos óseos de poblaciones del pasado.

En el presente trabajo se estudian los procesos tafonómicos que interfieren en la conservación o destrucción de los restos óseos, involucrando aspectos medioambientales y las características físico-químicas del suelo. Se utilizaron osamentas excavadas en la comunidad de Los Olmos, Hidalgo, en un contexto que corresponde a una capilla franciscana de finales del siglo XVI, ubicados en dos lugares de enterramiento: atrio y capilla. De la muestra se utilizaron huesos largos y se obtuvo la porosidad y densidad de los mismos. Se aplicaron pruebas estadísticas para establecer comparaciones de acuerdo con el lugar de enterramiento y con una muestra testigo de restos óseos contemporáneos.

PALABRAS CLAVE: Los Olmos, hueso, porosidad, densidad.

ABSTRACT

The bioanthropological interpretations derived from human skeletons always depend on the skeletal elements preserved in the context of the burial. Bone is altered by various factors, principally by the physical-chemical characteristics of the soil, which are also determined by environmental conditions such as climate, geology and geomorphology. Human osteological studies, in Physical Anthropology, have characteristically described and analyzed the morphological and pathological aspects of the osteological remains of past populations.

In this paper, the taphonomical processes that intervene in the conservation or destruction of osteological remains are studied, involving environmental aspects and the physical-chemical characteristics of the earth. Skeletons excavated in the community of Los Olmos, Hidalgo, were analyzed, in a context that corresponds to a Franciscan chapel dated in to the end of the 17th century, located in two areas: the atrium and the chapel. From the sample, long bones were taken into account just as their porosity and density. Statistical tests were applied to establish comparisons according to the area of the burial, and with a witness sample of the contemporary osteological remains.

KEY WORDS: Los Olmos, bone, porosity, density.

INTRODUCCIÓN

La preservación de restos óseos es un tema de interés de la antropología física, este fenómeno depende de las características biológicas de las osamentas como la edad, sexo, la zona anatómica, condiciones de vida; de las condiciones medio ambientales del lugar de enterramiento como el clima, la geología, la geomorfología y las características físicas y químicas del suelo; además, de otros elementos tafonómicos relacionados con la profundidad de enterramiento, la antigüedad, los depredadores y los microorganismos que habitan en los suelos.

Las causas de preservación o deterioro han sido estudiadas en trabajos de campo o de laboratorio. Gifford (1981) menciona que en los primeros años de enterramiento no es posible hablar de un deterioro considerable, porque en ocasiones todavía permanece el tejido blando protegiendo la superficie del hueso. Nicholson (1995) argumenta que una de las características químicas del suelo, el pH, no es el único factor influyente en el fenómeno, puesto que también depende del

drenaje del suelo. Así como estos estudios, algunos más han enfocado el análisis profundo de la diagénesis del hueso, entre otros, Brito (1992); Hedges y Millard (1994); Galloway, Willey y Snyder (1997) los cuales han analizado directamente densidades y porosidades de hueso humano como indicadores del deterioro.

El presente trabajo se centra en el impacto que tienen las condiciones medioambientales en la destrucción del hueso, concretamente en la relación existente entre las características químicas y físicas del suelo y la diagénesis de los restos osteológicos; con tal propósito se realizan en el hueso análisis cuantitativos de porosidad y densidad como parámetros de evaluación del deterioro y, se analiza el suelo del enterramiento para establecer el equilibrio hueso-suelo.

El estudio surge de la necesidad de conocer concretamente el impacto de las características del suelo en la composición estructural del hueso, asumiendo que las osamentas experimentan cambios drásticos dependiendo del contexto de enterramiento. Los restos óseos humanos contienen elementos o compuestos susceptibles de ser modificados al permanecer enterrados por largo tiempo. Generalmente las prácticas mortuorias en los diferentes momentos históricos, principalmente en la época prehispánica, tenían como característica depositar el cadáver directamente en el suelo, por tanto, durante el tiempo de enterramiento hay una constante interacción entre varios factores causantes del deterioro o conservación del tejido óseo.

Las condiciones químicas y físicas del suelo pueden causar un daño estructural en el hueso, ya que tienen que ver con las reacciones químicas y con las condiciones de humedad que se presentan en el suelo. En este estudio se hace una valoración de las condiciones geológicas, climáticas y de vegetación relacionadas con el sitio arqueológico, para explicar de manera global el fenómeno, puesto que las características del suelo son atenuadas o acentuadas por dichas condiciones.

COMUNIDAD DE LOS OLMOS, HIDALGO

La comunidad de Los Olmos se asienta sobre un sitio arqueológico y pertenece al municipio de Tizayuca, al sur del estado de Hidalgo, (figura 1). Su nombre prehispánico era Tetetzontilco, que significa

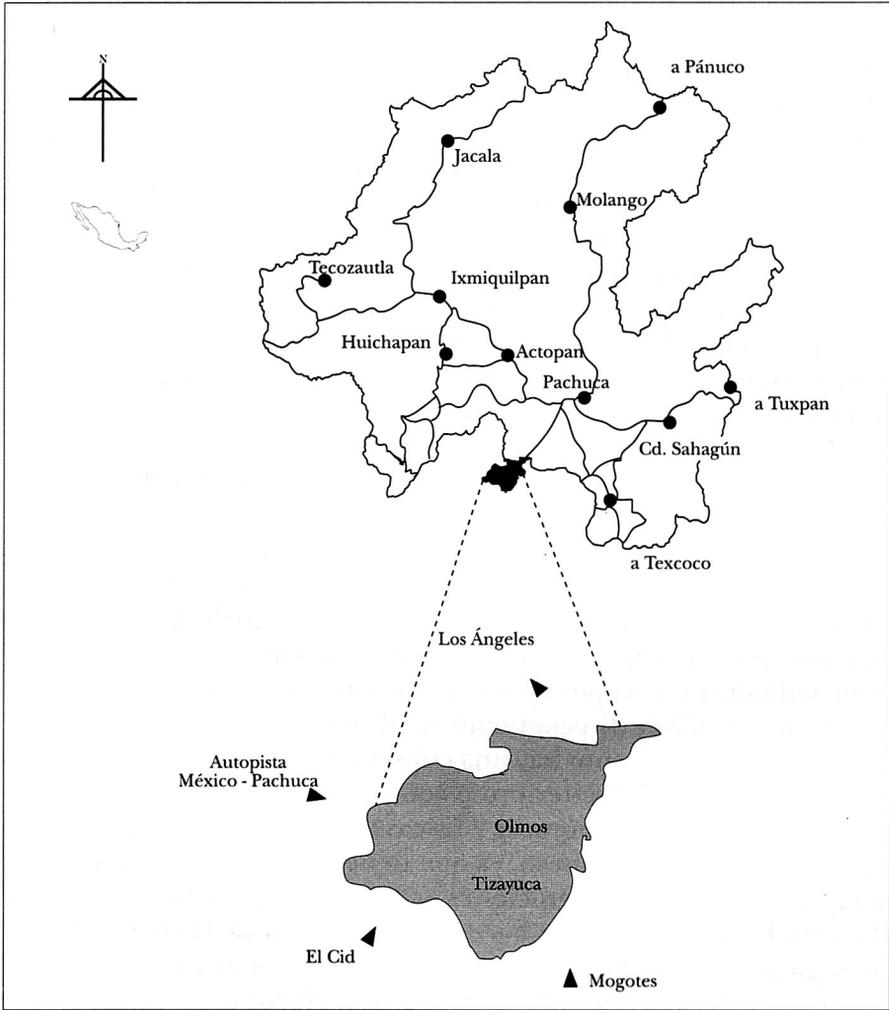


Figura 1. Mapa de ubicación de Los Olmos, Hidalgo.

en lengua náhuatl, Lugar donde hay tezontle negro. Arqueológicamente se han registrado varias ocupaciones, las osamentas en estudio corresponden a un contexto colonial, una capilla franciscana del siglo XVI. Las distintas epidemias que se sucedieron en la Nueva España desde 1521 causaron estragos en la población. Se encontraron osamentas en el atrio y en el interior de la capilla. En un principio los entierros se hicieron en fosas simples, muy cerca de la entrada de la

iglesia, después en fosas más alejadas sepultaron a varios individuos juntos en posición lateral extendida, con los brazos cruzados sobre el pecho y las piernas también cruzadas (Sterpone, 1997).

Se recuperaron restos óseos de dos áreas de enterramiento: el interior de la capilla y del atrio (figura 2). La mayoría de los individuos fueron enterrados en el atrio, en fosas excavadas en un ambiente sedimentario natural, en posición dorsal extendida. El otro sitio de enterramiento, quizá de mayor rango social, fue el interior de la capilla; aunque los restos óseos se encontraron en la misma posición, en este caso se dio a las fosas un tratamiento previo. La construcción de éstas implicó la excavación de la plataforma artificial que estaba en el interior de la capilla, para después colocar el cadáver. Después se cubrían con una capa de sedimento, otra de piedras y encima se depositaba el piso de estuco, el cual había sido retirado para realizar el enterramiento (Sterpone, 1997).

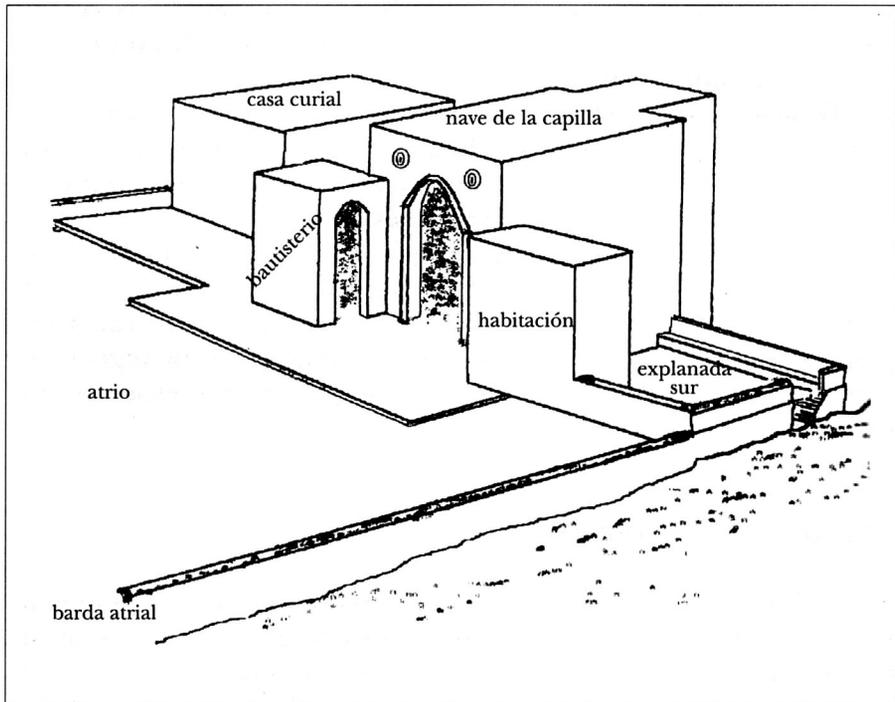


Figura 2. Reconstrucción de la capilla (Osvaldo Sterpone, 1998).

La comunidad de Los Olmos se encuentra rodeada de elevaciones montañosas, con una altura aproximada de 2 700m; predominan los suelos de origen basáltico, brecha volcánica, y en los alrededores existe suelo aluvial. Concretamente los suelos en donde está asentado el sitio arqueológico se denominan feozems y se caracterizan por tener una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica.

El clima de la región se encuentra dentro de la clasificación BS₁ Kw. Estos climas están menos expuestos a la influencia de los vientos húmedos del mar. Predomina un clima semiárido estepario, con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 13°C, la máxima ocurre en abril y mayo con 19.3°C y la mínima en diciembre con 12.8°C. La precipitación total anual es de 545 mm; con máxima de 120 mm en agosto y mínima en diciembre con 10 mm (INEGI, 1992).

Los meses de enero y diciembre son los más fríos con 13°C y con una precipitación de 15 mm en promedio. Por otro lado, en los meses de mayo a agosto hay más humedad por lluvia, puesto que la precipitación mensual es de alrededor de 70 mm. En septiembre con 50 mm ocurre un claro decremento en la lluvia, hasta 30 mm en noviembre y 10 mm en diciembre.

De acuerdo con la fórmula climática antes citada, la zona de Los Olmos se caracteriza por tener clima seco, con una evaporación superior a la precipitación, por lo que ésta no es suficiente para alimentar corrientes de agua permanentes.

Debido a la escasa cantidad de agua, en el lugar hay una serie de arbustos espinosos, específicamente plantas clasificadas como *matorral crasicaule*. Se trata de plantas de tallo suculento, esto es, cactáceas grandes. En otras partes cercanas existe una cubierta vegetal de matorral *Opuntia*, las nopaleras son las principales especies dominantes.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Por medio de las técnicas de excavación ya conocidas en antropología física, se obtuvo una muestra de restos osteológicos de dos áreas diferentes: capilla y atrio. Asimismo se recolectaron muestras de suelo por cada estrato, desde la superficie hasta 20 cm por debajo de las osamentas.

El criterio para la selección del material osteológico fue el siguiente:

a) Se usaron osamentas cuya estructura anatómica se recuperó en un 80% y contó con muestras de suelo.

b) Se seleccionaron los restos óseos excavados a una misma profundidad (mismo estrato).

c) Se eliminaron de la muestra de estudio las osamentas con evidencias claras de patología.

d) Por medio de técnicas morfológicas se determinó la edad de las osamentas en el momento de la muerte, para seleccionar únicamente entierros de individuos adultos, sin importar la etapa exacta, analizando los centros de osificación secundarios del hueso largo para asegurar los cierres epifisarios. Se escogieron osamentas de adultos porque en esa fase ontogenética los elementos constituyentes de los huesos son más constantes que en cualquier otra.

e) Se hizo una selección de huesos largos (fémur y tibia), de ambos sexos, debido a que son las estructuras anatómicas más representativas en investigaciones antropológicas y porque en éstas ya existen parámetros de comparación.

f) Aunque las diferentes estructuras anatómicas se conforman por tejido esponjoso y tejido compacto, en algunos huesos la concentración varía, pueden contener más tejido esponjoso cubierto por una capa fina de tejido compacto, o más tejido compacto recubriendo una capa fina de tejido esponjoso.

De acuerdo con estos criterios la colección total en estudio quedó constituida por 42 muestras de hueso, 30 del atrio y 12 de la capilla. En el análisis no se consideró la agrupación por sexo debido a que la composición orgánica e inorgánica del tejido óseo contiene los mismos elementos minerales y sólo existe variación en la masa de los huesos.

Para conocer el estado de conservación o deterioro de las osamentas se aplicaron análisis de porosidad y densidad. En estudios anteriores se notó que la densidad del hueso varía de acuerdo con varios factores, pero principalmente por la región examinada, edad y forma del hueso. En general, se registran valores de densidad superior a lo largo de la diáfisis (particularmente en la región media), y por el contrario, en los lugares diafisiarios más distantes, hacia los extremos superior e inferior (epífisis), generalmente la densidad presenta una mayor disminución (Galloway, 1997).

considera que a mayor peso del hueso corresponde una mayor densidad, siempre y cuando sea el mismo volumen, lo que indica que mientras más densidad el hueso estará mejor conservado y, por el contrario, niveles bajos de densidad son indicio de un mayor deterioro. Además, se tomó en cuenta esta propiedad para conocer los posibles intercambios químicos que se puedan dar entre los elementos o compuestos del hueso y los elementos o compuestos del suelo. Con tal propósito se utilizó la técnica del picnómetro.

El deterioro de los restos óseos se puede dar por procesos químicos y físicos, en estos últimos es muy importante la temperatura, en los químicos el agua (humedad). Esto quiere decir que el intemperismo causa la destrucción del hueso; el intemperismo químico es el más activo y para que suceda tiene que haber agua y las condiciones físicas del suelo que permitan que ésta penetre en el hueso y que el suelo tenga las condiciones químicas necesarias para acelerar o retardar esa interacción con el agua.

Por tanto, fue necesario evaluar algunas cualidades del suelo para conocer la dinámica interna del drenaje. En este caso se analizó la textura, densidad aparente, densidad real y el espacio poroso del entorno del entierro.

Para conocer el tipo de textura del suelo se utilizó el análisis propuesto por Bouyoucus en 1932 y modificado por Villegas (1976). Se trata de un análisis por sedimentación diferencial que consiste en cuantificar el porcentaje de arena, limo y arcilla a partir del método del hidrómetro por el cual se determina la cantidad de sólidos en suspensión. Los tres tipos de partículas (arena, limo y arcilla) siempre se encuentran en combinaciones, pocas veces se encuentran aisladas; la proporción de cada una en el suelo y las variadas combinaciones hacen que se pueda dar una clasificación que se denomina clase textural; la cual se determinó de acuerdo con el porcentaje de limos, arcillas y arenas, utilizando el diagrama del triángulo de las texturas (Ortiz, 1977).

La densidad aparente se determinó mediante el método de la probeta, según lo descrito por Gavande (1979), e indica el volumen que ocupan las partículas sólidas, incluyendo el espacio poroso que hay entre éstas dentro del suelo. La densidad real, que se refiere a la masa (peso) de una unidad de volumen de partículas sólidas del suelo, se analizó a partir del método del Picnómetro Gavande (1979).

La diferencia entre la densidad aparente y la densidad real es el espacio poroso, el cual se refiere a la porción del suelo no ocupada por partículas sólidas. Los espacios porosos están ocupados por aire y agua. Por lo tanto, el arreglo de las partículas sólidas del suelo determina la cantidad de espacio poroso.

También se evaluaron las condiciones químicas que intervienen en la destrucción del hueso. El pH se determinó con el potenciómetro Corning, mediante una relación suelo-agua de 1: 2.5 (Grande, 1984), para entender qué reacciones químicas se pueden dar y cuáles no, es decir, qué elementos están activos y cuáles no. La materia orgánica fue determinada mediante una combustión húmeda, utilizando el método de Walkley y Black elaborado en 1935 (Black, 1970), para saber cuántos ácidos húmicos hay y cómo aportan acidez al suelo. La conductividad eléctrica, para saber cuántas sales existen en el suelo, fue cuantificada utilizando el extracto de la pasta de saturación por medio de un puente de conductividad (Richards, 1982); y finalmente, la capacidad de intercambio catiónico total, que da información sobre la capacidad que tiene el suelo de absorber cationes, se obtuvo mediante el método de saturación con cloruro de calcio, percolación con cloruro de sodio y cuantificación del calcio en el extracto por el método del versenato (Jackson, 1964).

El análisis estadístico consistió en obtener las medidas descriptivas de la porosidad y densidad de las muestras osteológicas y de las características físicas y químicas del suelo. Posteriormente, se aplicó la prueba de análisis de varianza para establecer posibles diferencias entre la porosidad y densidad de acuerdo con el lugar de enterramiento y su comparación con la muestra contemporánea. Para encontrar posibles asociaciones entre las dos características se calcularon correlaciones en cada serie analizada. Finalmente, se realizaron correlaciones entre las características observadas en los restos osteológicos y las del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comparar los datos de porosidad y densidad según el origen de enterramiento de los huesos, podemos observar que la media y la mediana de la porosidad son muy parecidas en las colecciones arqueológicas del atrio y de la capilla; los valores observados en los

huesos contemporáneos son mucho menores (cuadro 1). Por otra parte, si tomamos los valores de densidad, observamos que esta característica se comporta de manera similar en los huesos que proceden de la capilla y los contemporáneos, y difieren los del atrio.

Cuadro 1

Medidas descriptivas de las características del hueso de acuerdo con el origen de enterramiento

Origen de enterramiento		Porosidad del hueso	Densidad del hueso
Contemporáneo	<i>n</i>	8	8
	\bar{x}	11.0788	1.9938
	<i>x</i>	10.0400	1.9800
	<i>s</i>	2.6581	0.0891
Atrio	<i>n</i>	30	30
	\bar{x}	26.6830	2.1893
	<i>x</i>	27.4950	2.2100
	<i>s</i>	4.5477	0.082200
Capilla	<i>n</i>	12	12
	\bar{x}	26.9908	1.9675
	<i>x</i>	26.5650	1.9500
	<i>s</i>	7.4046	.1973

Asimismo, en el cuadro 2 se pueden apreciar las medidas descriptivas para las variables relacionadas con el suelo. En el caso de la capilla todas las muestras correspondieron al mismo pozo, razón por la cual no existe variabilidad en este grupo.

Cuadro 2

Medidas descriptivas de las características del suelo de acuerdo con el origen de enterramiento

Variable de suelo	<i>n</i>	Atrio		Capilla		
		\bar{x}	<i>s</i>	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>
Densidad aparente	34	1.175	0.010	18	1.191	0.000
Densidad real	34	2.355	0.022	18	2.229	0.000
Espacio poroso	34	50.751	1.630	18	46.509	0.000
Arcilla	34	4.700	0.443	18	6.000	0.000
Materia orgánica	34	5.939	2.970	18	8.341	0.000
pH	34	7.985	0.120	18	7.791	0.000
Conductividad eléctrica	34	2.892	0.696	18	6.093	0.000
Capacidad de intercambio catiónico	34	19.794	1.919	18	25.400	0.000

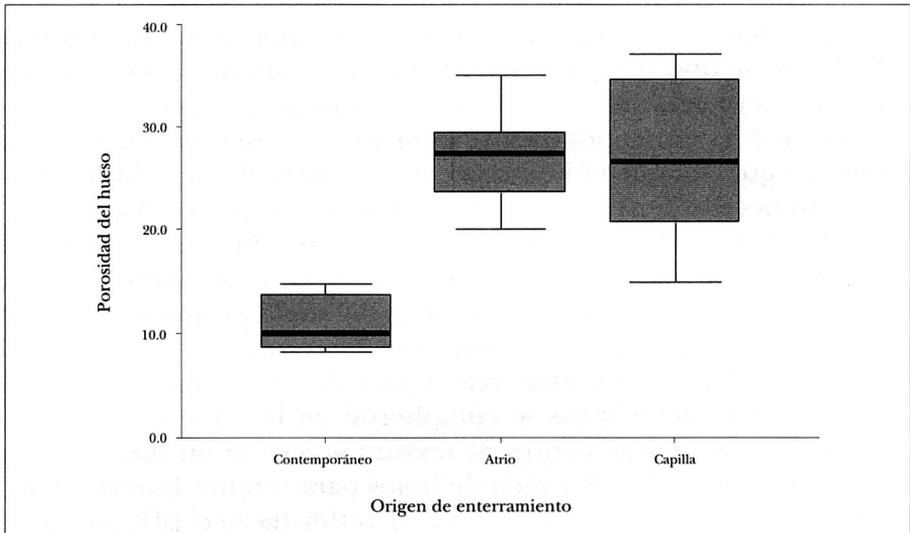
Antes de establecer si las diferencias de densidad y porosidad en el hueso son estadísticamente significativas, mediante la prueba de análisis de varianza, se tiene que calcular el estadístico de Kolmogorov-Smirnov para verificar el supuesto de normalidad en los subgrupos definidos de acuerdo con el origen de enterramiento para las dos variables. A partir de los valores observados en las significancias de esta prueba se desprende que en todos los casos se puede dar por cierto este supuesto (cuadro 3).

Cuadro 3
Prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov)

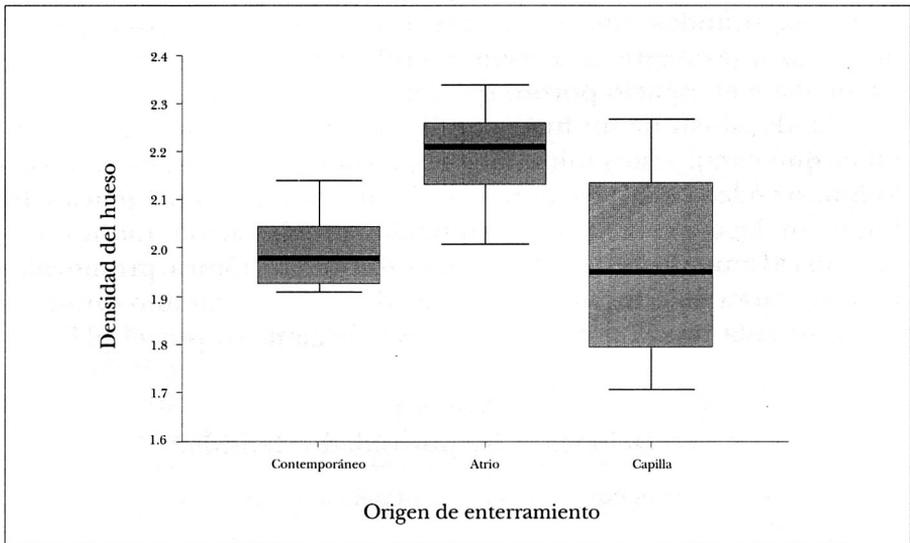
Origen de enterramiento		Porosidad del hueso	Densidad del hueso
Contemporáneo	Estadístico de prueba	.748	.549
	Significancia	.631	.924
Atrio	Estadístico de prueba	.590	.728
	Significancia	.878	.665
Capilla	Estadístico de prueba	.542	.656
	Significancia	.930	.783

Al comparar la porosidad de los restos óseos arqueológicos y contemporáneos, mediante la prueba de análisis de varianza, los resultados permiten inferir diferencias significativas ($p < 0.0001$) en al menos uno de los tres grupos de estudio. Al realizar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, se encontró que los restos contemporáneos resultaron ser los menos porosos, con valores de 11.07% contra un valor de porosidad para los restos arqueológicos cercano al 25% (gráfica 1). Esta diferencia indica que los restos arqueológicos presentan una pérdida mineral provocada por los procesos fisicoquímicos del suelo.

La densidad también mostró diferencias estadísticas significativas, en este caso los huesos procedentes del atrio establecieron la diferenciación (gráfica 2). Si bien la porosidad indica la destrucción de los restos óseos, la densidad señala que durante el tiempo de enterramiento los huesos sustituyen o adicionan minerales de baja densidad por elementos minerales (compuestos químicos) provenientes del suelo con densidades más altas. Quizás a esto se deba la diferenciación en los valores promedio encontrados en los restos contemporáneos y en los de la capilla (1.9 gr/cm³) comparados con la densidad de los restos del atrio (2.2 gr/cm³).



Gráfica 1. Porosidad del hueso y prueba de análisis de varianza. Existen diferencias significativas en los tres grupos ($p < 0.0001$), ANOVA. El grupo diferente es el contemporáneo ($p < 0.0001$), Tukey.



Gráfica 2. Densidad del hueso y prueba de análisis de varianza. Existen diferencias significativas en los tres grupos ($p < 0.0001$), ANOVA. El grupo diferente es el de Atrio ($p < 0.0001$), Tukey.

Al tratar de establecer la relación entre la densidad y la porosidad del hueso se observa que no existe una relación directa entre estas dos características en las colecciones prehispánicas, mientras que en la población contemporánea sí se manifiesta esta asociación. Esto significa que aunque el hueso presente valores de espacios porosos altos no necesariamente sus densidades tienen que ser bajas.

La porosidad de los huesos se desarrolló debido a la solubilidad en el agua de los compuestos minerales que lo constituyen, para esto se requiere que las propiedades físicas del suelo promuevan un drenaje eficiente y que al mismo tiempo tengan condiciones de retención de humedad para que estas reacciones de solubilidad se lleven a cabo. Estas características se cumplieron en las muestras de suelo analizadas, ya que sus valores de textura muestran un suelo abierto con una proporción adecuada de limos para retener humedad; asimismo, la condición química del suelo, reflejada en el pH, promovió este poder de disolución del agua, llevándose a cabo los fenómenos de lixiviación y, por lo tanto, la pérdida de los componentes del hueso generando un espacio poroso. Lo anterior quedó constatado en el análisis de correlación entre las propiedades del suelo y la porosidad, encontrándose una mayor relación con el pH y el espacio poroso del suelo, que en este caso resume la relación de las proporciones de partículas y el espacio poroso que existe entre ellas.

La densidad de un hueso antiguo es un buen parámetro para saber qué compuestos minerales se pierden por la interacción suelo-hueso en lapsos largos. Es necesario precisar que la diagénesis del hueso incluye procesos de disolución, precipitación (adhesión), reemplazo mineral, recristalización y substitución iónica, promovidos para esta área de estudio por la capacidad de intercambio catiónico (desarrollada por la arcilla y la materia orgánica), por el pH y los

Cuadro 4
Correlaciones entre porosidad y densidad

Origen de enterramiento	Coeficiente de correlación
Contemporáneo	0.804*
Atrio	0.040
Capilla	0.390

*Significativo ($p < 0.05$).

Cuadro 5

Correlación de Spearman entre las características de hueso y suelo

	Porosidad del hueso	Densidad del hueso
Densidad aparente	-.204	.328
Densidad real	-.204	.328
Espacio poroso	.263	-.062
Arcilla	-.263	.062
Materia orgánica	.263	-.062
pH	-.341	.337
Conductividad eléctrica	.263	-.062
Capacidad de intercambio catiónico	-.263	.062

componentes minerales. El 20% del componente orgánico de los huesos se descompone y los cristales de fosfato de calcio cambian su composición, modificando la estructura original del hueso. Hay variables en la fracción físico-química de los suelos, sin embargo, los valores obtenidos en los análisis muestran que este suelo genera condiciones para que el CaCO_3 , Fe_2O_3 y/o SiO_2 gradualmente penetren en el hueso, reemplazando los minerales originales y el espacio dejado por la materia orgánica, incluyendo magnesio y estroncio, como iones presentes en la solución del suelo.

CONCLUSIONES

Los análisis indicaron que los restos óseos de origen arqueológico están deteriorados. El aumento de la porosidad así lo indica, pero no la densidad, puesto que ésta, inclusive, resultó más elevada en comparación con la muestra contemporánea, esto debido a que el hueso intercambia elementos o compuestos químicos con el suelo al mismo tiempo que algunos de ellos se precipitan sobre la superficie del hueso. De acuerdo con lo anterior, en el hueso hubo alteración en los componentes cristalinos y, además, precipitación de compuestos nuevos.

En cuanto a las condiciones ambientales, el clima atenuó los fenómenos de descomposición y la escasa precipitación generó con-

diciones químicas favorables para la preservación del hueso. Las características físicas promovieron claramente un drenaje eficiente, por lo que no hubo retención de grandes cantidades de humedad que favorecieran la aceleración de las reacciones químicas causantes del deterioro del tejido óseo. La destrucción química fue regulada por la cantidad de lluvia en el lugar y modificada por las condiciones físicas en el suelo, por lo que la destrucción química fue moderada.

Tomando en consideración lo anterior, es evidente que la destrucción del tejido óseo puede interferir en estudios posteriores que incluyan análisis químicos en hueso. La reconstrucción de la alimentación es uno de los aspectos estudiados para la interpretación de las poblaciones antiguas que requiere mayor entendimiento de la diagénesis del hueso. En la actualidad hay estudios de cuantificación de elementos químicos para la interpretación de la dieta en huesos de origen arqueológico.

Se hacen estudios de paleodieta a partir de diversos procedimientos, a uno de éstos se le denomina análisis por medio de elementos traza. Éstos permiten una estimación directa de la dieta; la técnica se basa en el fraccionamiento que ciertos elementos químicos tienen a lo largo de la cadena trófica, como el estroncio (Sr), el bario (Ba), el zinc (Zn) y el cobre (Cu). Sin embargo, durante la diagénesis de los huesos humanos los elementos traza se alteran en su contexto de enterramiento.

Por tal motivo, es necesario considerar que los procesos diagenéticos en sí mismos pueden limitar los estudios mencionados, por producir la destrucción del hueso o la pérdida de algunos elementos químicos necesarios para las interpretaciones de la paleodieta.

El estado de conservación y la mínima contaminación química de los restos óseos estudiados aquí, dan pie a estudios posteriores en la misma muestra, que consideren análisis morfoscópicos y estudios químicos para el entendimiento y la explicación de la biología y su relación con la cultura de los pueblos del pasado.

REFERENCIAS

BEHERENSMEYER, A.

- 1978 Taphonomy and ecological information from bone weathering, *Paleobiology*, 4(2): 150-162.

BLACK, C.A.

- 1970 *Methods of soil analysis*, part 2, number 9, Serie Agronomy, American Society of Agronomy, Inc., Publisher, Madison, Wisconsin, USA.

BOHN, L.

- 1993 *Química del suelo*, Limusa, México.

BRITO, L.

- 1992 *El deterioro del material óseo en su contexto de enterramiento*, INAH-SEP, México.

CAMPILLO, D.

- 1991 *Generalidades sobre el estudio de la patología ósea*, IIA-UNAM, México.

FOX, G.

- 1997 Critical evaluation of bone weathering as an indication of bone, London, Ganong, W. *Fisiología Médica*, El manual moderno, México, 1986.

GALLOWAY, A., P. WILLEY, L. SNYDER

- 1997 Human bone mineral densities and survival of bone elements: A contemporany sample, William D. Haglund, Marcella H. Sorg (eds.), *Forensic taphonomy. The postmortem fate of human remains*, London.

GAVANDE, A.

- 1979 *Física de suelos. Principios y aplicaciones*, Limusa, México.

GIFFORD, D. P.

- 1981 Taphonomy and paleoecology: A critical review of archaeology's sister disciplines, M. B. Schiffer (ed.), *Advances in archaeological method and theory*, vol. 4, Academic Press, New York, 1981: 365-438.

GORDON, C. J Y J. E. BUIKSTRA

- 1981 Soil pH, bone preservation and sampling bias at mortuary sites, *American Antiquity*, vol. 46: 566-571.

HEDGES, ROBERT E., ANDREW R. MILLARD, A. PIKE

- 1994 Measurements and relationships of diagenetic alteration of bone from three archaeological sites, *Journal of Archaeological Science* (1995), vol. 22: 201-209.

INEGI

- 1992 Carta Vegetación. E14-2.
- 1992 Carta Edafológica. E14 B11.
- 1992 Carta Topográfica. E14 B11.
- 1992 Carta Geológica. E14 B11.
- 1992 Carta Geológica. E14 A19.
- 1992 Carta Climas. 14Q-VI.

JACKSON, M. L.

- 1964 *Análisis químico de suelos*, Editorial Omega, España.

NICHOLSON, R. A.

- 1992 Bone survival: the effects of sedimentary abrasion and trampling of fresh and cooked bone, *International Journal of Osteoarchaeology*, 2: 79-90.

ORTIZ, B.

- 1977 *Edafología*, Chapingo, México.

PERSON, A.

- 1995 Early diagenetic evolution of bone phosphate: An X-ray diffraction analysis, *Journal of Archaeological Science*, 22: 211-221.

POLACO, O.

- 1988 Hueso modificado: un estudio tafonómico contemporáneo, revista *Trace*, CEMCA, México, 14: 73-81.

RICHARDS, ET AL.

- 1982 *Diagnóstico y rehabilitación de los suelos salinos y sódicos*, Departamento de Agricultura, USA.

SCHULTZ, M.

- 1997 *Microscopic structure of bone*, London.

STERPONE, O.

- 1995 Los Olmos, Tizayuca. Proyecto de Rescate Arqueológico, México.
- 1997 Los Olmos, Tizayuca. Informe Arqueológico, México.

STINER, M., S. WEINER

- 1995 Differential burning, recrystallization and fragmentation of archaeological bone, *Journal of Archaeological Science*, 22: 223-237.

TALAVERA, A. *ET AL.*

- 1999 ¿Qué es esa cosa llamada bioarqueología?, *Diario de Campo*, Boletín interno de investigadores del área de antropología, CONACULTA-INAH, septiembre núm. 15, México.

VILLEGAS *ET AL.*

- 1978 Método simplificado de análisis para clasificación granulométrica de los minerales del suelo, *Revista*, vol. 2, núm. 2, Instituto de Geología, UNAM, México.

