

# Perfiles alimenticios en la población de Tehuacán, Puebla

Isabel Casar Aldrete\* / José Ramón Gallegos\*\* /  
Pedro Morales Puentes\*\*\* / Edith Cienfuegos Alvarado\*\*\*\* /  
Francisco Otero Trujano\*\*\*\*\*

ISSN: 2007-6851

p. 105-p. 111

Fecha de recepción del artículo: 13 de agosto de 2015

Fecha de publicación: julio de 2016

Título del artículo en inglés: "Diet profiling of the native people of Tehuacán, Puebla"  
diariodecampo.mx

## Resumen

Mediante la huella isotópica de carbono-13 en la bioapatita de huesos y dientes, se determinó la dieta total de 12 individuos procedentes de cuatro cuevas en Tehuacán, Puebla, durante cinco fases de ocupación que van de 6800 a.C. a 1520 d.C. Se observa con claridad la transición entre la dieta del grupo de cazadores-recolectores de las fases más antiguas, con presencia de 50% de productos de plantas C<sub>3</sub>, y la dieta del grupo de agricultores de las fases tardías con alta ingesta de maíz (plantas C<sub>4</sub>), cercana a 80%.

**Palabras clave:** perfiles alimenticios, Tehuacán, Puebla.

## Abstract

*Through a carbon-13 isotopic tracer in the bioapatite in bones and teeth the total diet was determined for twelve individuals from four caves in Tehuacán, Puebla, during five occupation phases from 6800 BC to AD 1520. The isotopic tracer clearly shows a transition in the diet of the hunter-gatherer group in the oldest phases with a presence of 50 percent C<sub>3</sub> plant products and the diet of the group of farmers from the later phases with a high maize ingestion (C<sub>4</sub> plants) close to 80 percent.*

**Keywords:** food profiling, Tehuacan, Puebla.

## Antecedentes

El valle de Tehuacán se localiza en el sur del estado de Puebla y el norte de Oaxaca, y forma parte de la Altiplanicie mexicana. Tiene un área aproximada de 3 000 km<sup>2</sup> (100 km de largo y 30 km de ancho) y se encuentra a una altura promedio de 1 500 m.s.n.m., rodeado por altas montañas que impiden la llegada de lluvia, a excepción de dos meses durante el verano. Su precipitación pluvial anual es de 600 mm y por eso su clima es seco, árido, con una vegetación mayormente xerófita clasificada como de matorral.

Richard MacNeish (1964, 1967) realizó extensas excavaciones arqueológicas en el valle durante cinco años y ubicó desde pequeños asentamientos temporales hasta ruinas de grandes ciudades, con lo cual estableció una larga secuencia de cultura prehistórica (tabla 1). Durante las excavaciones detectó siete cuevas o refugios rocosos que posiblemente se emplearon para gua-

\* Investigadora, Instituto de Física, UNAM (casar\_isabel@yahoo.com).

\*\* Estudiante de doctorado, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM (jrgallegogonzalez@yahoo.es)

\*\*\* Investigador, Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica, Instituto de Geología, UNAM (pedro\_morales1@icloud.com).

\*\*\*\* Técnico, Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica, Instituto de Geología, UNAM (edithca@unam.com).

\*\*\*\*\* Técnico, Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica, Instituto de Geología, UNAM (fjavierotero@yahoo.com.mx).

**Tabla 1**  
**Secuencia arqueológica de Tehuacán, Puebla, 11000 a.C.-1500 d.C. (MacNeish, 1964)**

FASE	PATRÓN DE ASENTAMIENTO	SUBSISTENCIA	PATRÓN DE DESGASTE DENTAL
Venta Salada (700-1520 d.C.)	Ciudades o pueblos con centros dependientes religiosa, política y económicamente	Agricultura de tiempo completo con irrigación y comercio	Patrón anterior. La atrición es generalmente mayor en los dientes anteriores, con exposición de dentina en los incisivos
Palo Blanco (200 a.C.-700 d.C.)	Centros ceremoniales o sagrados	Agricultura de tiempo completo con irrigación	
Ajalpán y Santa María (1500-200 a.C.)	Centros ceremoniales o aldeas con templos con aldeas dependientes ceremonialmente	Agricultores de tiempo completo con numerosas especies domesticadas; ¿irrigación?	
Abejas Tardío, Purrón y posiblemente Ajalpán Temprano (3000-1500 a.C.)	Aldeas semipermanentes compuestas por microbandas; ¿casas tipos foso?	Agricultores de tiempo completo con aumento de especies domesticadas	Patrón intermedio. Desgaste plano elevado, con mayor incidencia en los dientes posteriores
Coxcatlán y Abejas Temprano (5000-3000 a.C.)	Microbandas semisedentarias migrando estacionalmente con frecuencia divididas en campamentos de microbandas	Recolectores con agricultura incipiente	
El Riego y Coxcatlán Temprano (6800-5000 a.C.)	Microbandas que forman una vez al año macrobandas estacionales	Recolectores que ocasionalmente cazan y trampean	
Ajuereado y El Riego Temprano (11000 o 10000-7200 a.C.)	Microbandas nómadas con cambios estacionales o de residencia	Recolección de plantas silvestres, caza y trampeo	Patrón primitivo. Desgaste oblicuo de las superficies oclusales con exposición de dentina y pulpa: apariencia errática del patrón dental, dientes con diferentes inclinaciones

recerse del clima y almacenar productos alimenticios durante la época de lluvias. Gracias a la extrema sequedad del ambiente, en éstas se preservaron grandes cantidades de restos humanos (67 individuos) y cerca de 750 000 ejemplares de flora y fauna, lo cual permitió reconstruir algunos aspectos de la vida de los antiguos habitantes de este valle.

La importancia del sitio no sólo estriba en su antigüedad (11000 a.C.) y la cantidad de materiales recuperados, sino también en que los vestigios representan una secuencia cultural que contiene la transición desde una economía de nómadas cazadores-recolectores hacia otra de agricultores de tiempo completo. La secuencia cultural en las cuevas de Tehuacán consta de siete fases, las cuales se inician con el Ajuereado, la más antigua, cuya fecha más reciente por carbono-14 fue de 7200 a.C.

Se piensa que la ocupación del valle comenzó varios miles de años antes, cuando familias nómadas o

microbandas cambiaban su lugar de residencia con una frecuencia estacional, realizando actividades tanto de colecta de plantas silvestres como de caza de animales como conejos, topes, ratas, tortugas, pájaros y pequeños mamíferos, hasta llegar a las fases de ocupación tardía, fechadas por <sup>14</sup>C entre 900 a.C. y 1500 d. C., identificadas en los sitios de Santa María y La Venta Salada, donde se presume que los habitantes del valle eran agricultores de tiempo completo, vivían en pequeñas ciudades y cultivaban varias plantas híbridas domesticadas, un hecho que se suma a las evidencias sustentadas en más de 10 000 muestras de maíz arqueológico (Mangelsdorf *et al.*, 1967). En éstas se observan cambios morfológicos en el maíz generados por la selección humana, realizados con el objetivo de alcanzar una mayor productividad (Benz y Long, 2000; Benz *et al.*, 2009).

Estas prácticas de modificación incluyeron a otras plantas domesticadas (Benz, 2001). Recientemente

te Smith (2005) fechó las especies domesticadas más antiguas en México y encontró que las especies de calabazas *C. pepo* y *L. siceraria* se domesticaron en Oaxaca dos mil años antes que en Tehuacán, y obtuvo en la cueva de Guilá Naquitz, Oaxaca, una fecha de 4280 a.C. como promedio en 10 olotes de maíz (*Zea mays*), 700 años más antiguos que los olotes de maíz arqueológico hallados en Tehuacán (3540 a.C.) (Long *et al.*, 1989).

Las evidencias de la transición de cazadores-recolectores a agricultores presentes en las cuevas de Tehuacán son visibles en muchos aspectos: desde el aumento del tamaño de las comunidades, en los registros dentales o en aspectos sociales como la aparición de canales de irrigación. Sin embargo, nuestro propósito en este trabajo consiste en estudiar esta transición de cazadores-recolectores a agricultores mediante un indicador directo, a partir de la reconstrucción de la dieta de 12 individuos procedentes de cuatro cuevas en cinco fases de ocupación, la cual se llevó a cabo utilizando las huellas isotópicas de los tejidos mineralizados, principalmente en bioapatita, que forman parte importante de los huesos y dientes de los individuos.

### Análisis isotópicos

Inicialmente, la reconstrucción de la dieta de antiguas poblaciones se determinaba, como lo hizo MacNeish (1964) en Tehuacán, con base en los restos botánicos, de fauna, polen, fotolitos y coprolitos encontrados en los pisos ocupacionales. Sin embargo, también existen en los dientes y huesos, tejidos mineralizados orgánicos como el colágeno e inorgánicos como la bioapatita, en los que se preserva hasta por miles de años información sobre las características fundamentales del individuo. Por ejemplo, en el colágeno de huesos y dientes se preserva información genética (ADN), sobre la temporalidad ( $^{14}\text{C}$ ), sobre el nivel trófico ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) de un individuo y la dieta proteica ingerida ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ). Respecto a la bioapatita que forma parte de huesos, esmalte y dentina, en ella se encuentran inscritas huellas isotópicas sobre la dieta total ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) y el agua ingerida que se relaciona con su origen geográfico ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) incluso durante distintas etapas de la vida del individuo.

La información señalada se obtiene a partir de la medición de cada uno de los isótopos de un elemento, donde éstos, los cuales son átomos que por diferir en su masa atómica se comportan de diferente manera, se dis-

tribuyen durante los diferentes procesos (físicos, químicos, biológicos) en que participan. Este cambio en las relaciones entre los isótopos en una muestra se llama huella isotópica, que aunque es muy pequeña se puede determinar con gran precisión en espectrómetros de masas y se expresa como una diferencia relativa ( $\delta$ ).

La fundamentación para utilizar las huellas isotópicas de los tejidos mineralizados de los individuos para la reconstrucción de la dieta y el agua ingerida se basa en que las huellas características dejadas por los distintos procesos fotosintéticos en la materia orgánica formada se transmiten a los tejidos mineralizados de los consumidores mediante las cadenas alimenticias. De Niro y Epstein (1978, 1981) definían esto al decir que, "[...] isotópicamente hablando 'eres lo que comes'".

En la naturaleza existen tres procesos fotosintéticos (O'Leary, 1988; Smith y Epstein, 1971). Uno es el utilizado por la gran mayoría de especies vegetales, en particular árboles y arbustos frutales, así como las principales gramíneas (trigo, centeno, cebada, etc.); se le conoce como tipo  $\text{C}_3$  o ciclo de Calvin. Cuando las plantas utilizan este proceso para fijar el  $\text{CO}_2$  atmosférico, la materia orgánica resultante posee una huella isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$ , con una media de  $-27.4 \pm 2\%$ . Otro es el identificado por Bender (1971) a partir del estudio de plantas de tipo  $\text{C}_4$ , las cuales evolucionaron como una adaptación para los climas más cálidos y áridos, y tienen una discriminación menor respecto al dióxido de carbono atmosférico que les permite llevar a cabo procesos metabólicos más rápidos. Entre las plantas que emplean este tipo de fotosíntesis se encuentran diversas hierbas, juncos, pastos tropicales como la caña de azúcar, maíz, sorgo y amaranto, que para el caso de la zona del Altiplano mexicano tienen una huella isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$ , con una media de  $-10.8 \pm 1\%$  (Warinner, 2010). En tercer lugar observamos el proceso fotosintético de las plantas que pertenecen al tipo *Crasulacean Acid Metabolism (CAM)*. La mayoría de ellas son xerofitas (agaváceas y cactáceas) y epifitas, entre las que se encuentran los agaves, la piña, la vainilla, orquídeas, mezquite, nopal, maguey y cactus, con una huella isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  y una media de  $-13.2\% \pm 1.5$ .

A partir de estas características isotópicas de los diversos tipos de plantas es relativamente sencillo distinguir el origen de cualquier material orgánico vegetal, ya sea de plantas  $\text{C}_4$  o  $\text{C}_3$ .

Desde el punto de vista bioquímico, se sabe que las huellas isotópicas en los tejidos mineralizados de restos animales no están controladas por síntesis

sis aleatorias, sino por procesos metabólicos complejos (Schwarcz, 2011; Boutton *et al.*, 1991; Kellner *et al.*, 2007; Hedges, 2003; Hedges *et al.*, 2006), los cuales han sido estudiados a detalle utilizando animales alimentados con dietas controladas (Ambrose y Norr, 1993; Tienzen y Fagre, 1993a; Jim *et al.*, 2004).

Se puede considerar que, en los humanos, la dieta es una combinación de carbohidratos, proteínas y grasas en diferentes proporciones, con diferentes huellas isotópicas ingeridas por el individuo y utilizadas para mantener todos los procesos metabólicos en el organismo, que incluyen los procesos bioquímicos necesarios para la formación de colágeno y bioapatita. Debido a esto es posible determinar la composición isotópica de carbono total de la dieta empleando la ecuación de una mezcla lineal desarrollada por Schwarcz (2000).

Como sabemos, la composición isotópica de la bioapatita en huesos o dientes representa la huella isotópica de la dieta total ingerida por el individuo en estudio. Por otro lado, las huellas isotópicas de carbono y nitrógeno determinadas en el colágeno de dientes y huesos provienen de los aminoácidos de las proteínas ingeridas, cuando la ingesta proteica es suficiente (mayor a 10%) (Schwarcz *et al.*, 2011).

La bioapatita otorga a los huesos y dientes la fortaleza para resistir mecánicamente las fuerzas de compresión y tensión ejercidas por la gravedad y la movilidad, proporcionando una estructura rígida para soportar y dar apoyo a los tejidos y músculos del cuerpo entero. En el interior de los huesos y dientes la bioapatita se entrelaza con el colágeno (Hedges, 2003) en una estructura mixta. Los tejidos mineralizados de la bioapatita en los huesos se remodelan durante la vida de un animal mediante la incorporación constante de nuevo hueso y la reabsorción del viejo. Por lo tanto, la huella isotópica de la bioapatita y el colágeno del hueso representa el promedio isotópico de la dieta ingerida durante la última década de vida de un individuo (Ambrose y Norr, 1993; Krueger y Sullivan, 1984).

Se ha mostrado que las tasas de recambio del colágeno son del orden de 3% en promedio por año. Pero esta tasa puede variar, según el tipo de hueso y la edad. Durante la adolescencia, el metabolismo de reemplazo puede aumentar hasta 30% y, obviamente, declinar con la edad (Hedges *et al.*, 2007). Sin embargo, en las piezas dentales las huellas isotópicas de la dieta y el agua ingeridas se registran durante la etapa de formación y no se modifican una vez concluida (Pasteris *et al.*, 2008; Hillson, 1986; Smith *et al.*, 2005; LeGeros, 1981). El desarro-

llo y la maduración de los componentes de las piezas dentales se han estudiado con amplitud en cuanto a los periodos de desarrollo (Al Qahtani *et al.*, 2010), así como atendiendo al desarrollo interno de cada una de ellas.

### Técnicas analíticas

El procesamiento y análisis isotópico de las muestras se realizó en el Laboratorio de Isótopos Estables del Departamento de Geoquímica del Instituto de Geología de la UNAM. Las técnicas analíticas empleadas para la separación de los componentes de los huesos y dientes, y posteriormente la purificación de la bioapatita, se aplicaron de acuerdo con los procedimientos descritos en Morales *et al.* (2012). Para este estudio se realizaron análisis isotópicos en muestras de dientes y huesos de los 12 individuos encontrados en cuatro cuevas del valle de Tehuacán, Puebla, los cuales son representativos de cinco periodos de ocupación diferentes.

Cabe mencionar que, salvo algunas excepciones, los huesos se recuperaron en mal estado de conservación, por lo que se decidió analizar preferentemente piezas dentales. Para estudiar los dientes a detalle, se aplicaron varios cortes paralelos desde la cara oclusal, en sentido apical. Esto permitió obtener las huellas isotópicas de diferentes momentos de desarrollo y madurez dental correspondientes a distintas etapas en la vida de los individuos (Eerkens *et al.*, 2011).

Adicionalmente, para comparar los resultados de las huellas isotópicas de carbono en la bioapatita  $\delta^{13}\text{C}$  de los huesos y del carbonato estructural de la dentina con las  $\delta^{13}\text{C}$  de la bioapatita del esmalte, se aplicó a éstas una corrección de 2.0‰, ya que Warinner y Tuross (2009) demostraron empíricamente que la bioapatita del esmalte no es estructural ni isotópicamente igual a la bioapatita del hueso ni a la bioapatita de la dentina.

### Resultados

En la figura 1 se muestra la evolución temporal de la huella isotópica de la dieta total en esmalte, dentina y hueso de los restos de los 12 individuos analizados. Es clara la correlación entre la temporalidad y la dieta total. A manera de comparación, también mostramos los valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{bioapatita}}$  del hueso de seis individuos que habitaron la cueva de Texcal, cerca de Valsequillo, Puebla, contemporáneos de los dos individuos de la fase El Riego de Tehuacán.

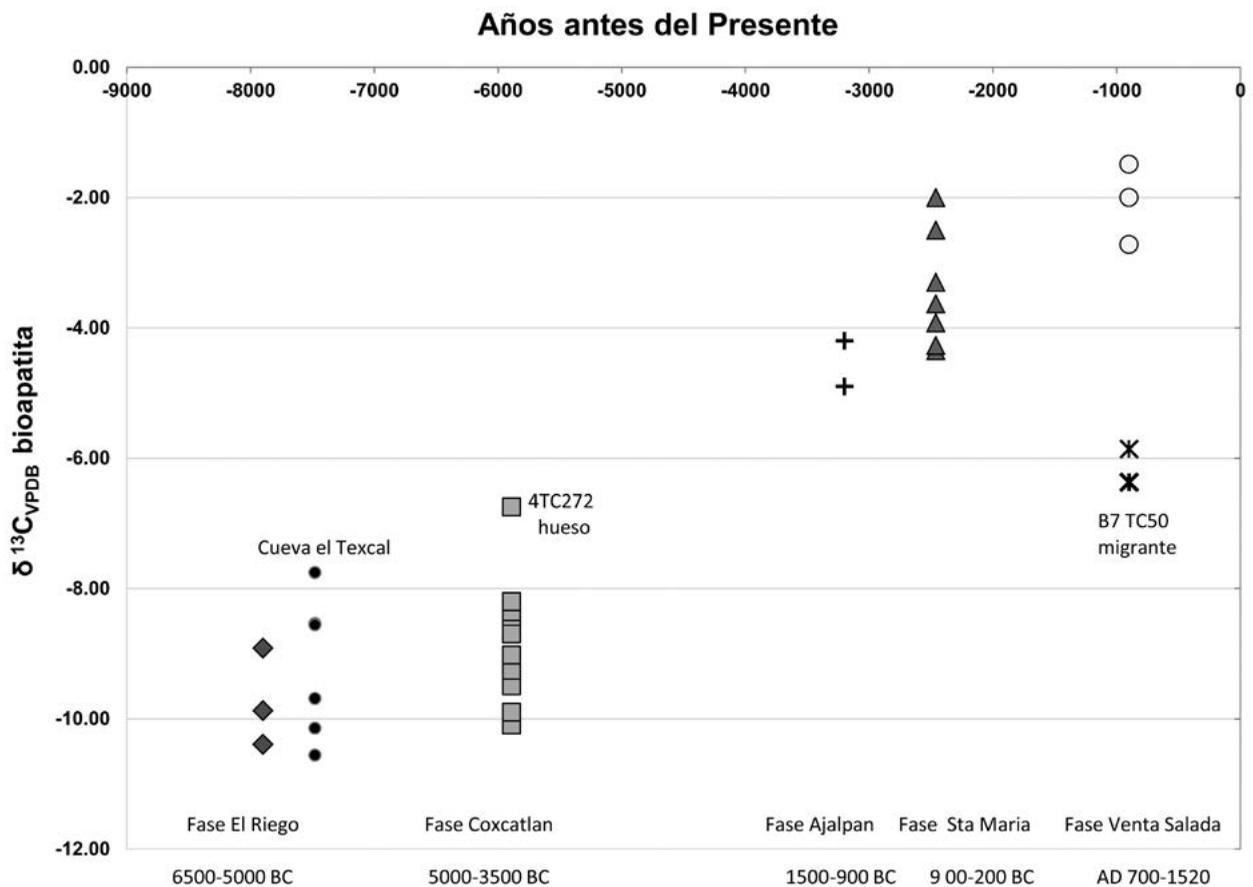


Figura 1. Temporalidad de  $\delta^{13}\text{C}$  de la bioapatita de huesos y dientes de individuos de Tehuacán, Puebla. Fases según MacNeish (1964).

Es importante hacer notar que, dado que el factor de fraccionamiento entre la dieta y la bioapatita de los huesos es de aproximadamente 10‰, los valores de -1‰  $\delta^{13}\text{C}_{\text{bioapatita}}$  de los individuos de Venta Salada significan que los individuos ingerían una dieta de -11‰.

La huella isotópica de una dieta con -11‰ se puede obtener de manera hipotética mediante varias combinaciones de alimentos. Una propuesta sería: 80% de maíz, con  $\delta^{13}\text{C}=-9\text{‰}$ ; 10% de productos de nopal y agave, con  $\delta^{13}\text{C}=-12\text{‰}$ , y 10% de frijol o calabaza, con  $\delta^{13}\text{C}=-26\text{‰}$ . A partir del mismo criterio, un valor para  $\delta^{13}\text{C}_{\text{bioapatita}}$  de -9‰ en los individuos de las fases tempranas representa una dieta de -19‰, que corresponde aproximadamente a 65% de productos de origen  $\text{C}_3$  y 35% de productos de origen  $\text{C}_4$  o CAM.

## Discusión

Los análisis isotópicos aplicados en huesos de individuos precerámicos de las cuevas de Tehuacán sólo tuvieron 10% de éxito, por lo que se optó por realizar los análisis isotópicos en piezas dentales, menos susceptibles a alteraciones diagenéticas (Koch *et al.*, 1997)

debido a la estructura protectora que les brinda el esmalte y la mandíbula cuando continúan insertadas en ella. Aún más, en las piezas dentales se realizaron varios cortes, con lo que se aumentó el número de muestras para análisis.

Los valores  $\delta^{13}\text{C}$  en la bioapatita, obtenidos de las muestras humanas analizadas, muestran la diferenciación de los individuos estudiados en dos grupos que corresponden a los periodos precerámico y cerámico. Dicho de otro modo, muestran la correlación entre la temporalidad y la dieta total, y coinciden con la diferenciación de las etapas propuestas por MacNeish, propias de agricultores de tiempo completo, de las etapas en que los individuos no dedicaban su actividad principal a la producción agrícola.

Un grupo está constituido por los individuos tehuacanos asignados a las fases El Riego y Coxcatlán, así como los procedentes de la cueva del Texcal; el otro se compone por el resto de los individuos tehuacanos estudiados. En las fases precerámicas de El Riego y Coxcatlán la  $\delta^{13}\text{C}$  en la bioapatita representa una dieta total con una mezcla de 50% de productos de origen  $\text{C}_4$  o CAM y otro 50% de productos de origen  $\text{C}_3$ . Los valores y el

rango de la dieta consumida por los tres individuos de dos cuevas de la fase Coxcatlán coinciden con los de los habitantes de la cueva de Texcal, aunque estos últimos muestran una mayor variabilidad. En los individuos más modernos se registra un aporte mayoritario a este componente de la dieta con un origen  $C_4$ .

De igual manera es importante hacer notar que, en las fases precerámicas, la dieta total contiene altas cantidades de productos de origen  $CAM$  y  $C_4$ , las cuales provienen de un ecosistema diverso en productos comestibles con gran cantidad de pastos  $C_4$  y plantas xerófitas.

El individuo de la fase Ajalpan pertenecía a la transición y consumía más recursos  $C_4$ , que por las evidencias arqueológicas se relacionan con el maíz. En los tres individuos asignados a la fase Santa María, el consumo de maíz en la dieta total siguió aumentando. Finalmente, los dos individuos pertenecientes a la fase Venta Salada revelaron una dieta total muy cercana a 80% de maíz, la cual es poco frecuente de encontrar en la literatura.

Sin embargo, no todos los individuos analizados se enmarcan en el grupo correspondiente. Existen dos muestras con valores atípicos de  $\delta^{13}C_{bioapatita}$  que difieren de los valores promedio de la fase correspondiente: el tercer molar inferior (7.5-22.5 años) del individuo B7Tc50 de la fase Venta Salada tiene una huella isotópica de oxígeno que denota un origen geográfico distinto a Tehuacán, cuya condición de migrante permite inferir que la dieta total ingerida durante la etapa de formación de la pieza dental analizada fue distinta a la del resto de los individuos de Tehuacán. De la misma manera, la huella isotópica del hueso del individuo 4 Tc272 de la fase Coxcatlán tiene valores atípicos, posiblemente ocasionados por efectos diagenéticos, los cuales son mucho más frecuentes en huesos que en dientes.

## Conclusión

Aun cuando el número de individuos fue pequeño y cubre una temporalidad mayor de ocho mil años, los análisis isotópicos de bioapatita muestran con claridad la transición desde la dieta total de cazadores-recolectores hacia agricultores de maíz, lo cual resulta coincidente con las evidencias arqueológicas, dentales y de restos botánicos.

Las huellas isotópicas del carbono permiten distinguir entre dietas basadas en plantas  $C_3$  y plantas  $C_4$ . En este caso, la reconstrucción de la paleodieta también permite el estudio de la introducción de cultivos sustanciales para la subsistencia de las poblaciones estudiadas y el desarrollo de la agricultura.

## Agradecimientos

Este estudio fue financiado por la UNAM a través del Proyecto PAPIIT.

Agradecemos a los antropólogos físicos José Concepción Jiménez López y Gabriela Salas por la ayuda prestada en la clasificación y recolección de las muestras.

Asimismo, agradecemos al INAH por los permisos federales para analizar las muestras entregadas.

## Bibliografía

- Al Qahtani, S. J., M. P. Hector y H. M. Liversidge, "Brief Communication: The London Atlas of Human Tooth Development and Eruption", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 142, 2010, pp. 481-490.
- Ambrose, S. y L. Norr, "Experimental Evidence for the Relationship of the Carbon Stable Isotope Ratios of Whole Diet and Dietary Protein to Those of Bone Collagen and Carbonate", en J. B. G. Lambert y G. Grupe (eds.), *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level*, Nueva York, Springer-Verlag, 1993, pp. 1-38.
- Bender, M., "Variation in the  $^{13}C/^{12}C$  Ratios of Plants in Relation to the Pathway of Photosynthetic Carbon Dioxide Fixation", en *Phytochemistry*, núm. 10, 1971, pp. 1239-1244.
- Benz, B. F., "Archaeological Evidence of Teosinte Domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca", en *Proceedings of the National Academy of Science*, núm. 98, 2001, pp. 2104-2105.
- Benz, B. F. et al., "El Riego and Early Maize Agricultural Evolution", en J. Staller, R. Tykot y B. Benz (eds.), *Histories of Maize. Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Linguistics, Biogeography, Domestication, and Evolution of Maize*, Walnut Creek, Left Coast Press, 2009, pp. 73-82.
- Benz, B. F. y A. Long, "Prehistoric Maize Evolution in the Tehuacán Valley", en *Current Anthropology*, vol. 41, núm. 3, 2000, pp. 459-465.
- Boutton, T. W., M. J. Lynott y P. M. Bumsted, "Stable Carbon Isotopes and the Study of Prehistoric Human Diet", en *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, núm. 30, 1991, pp. 373-385.
- DeNiro, M. J. y S. Epstein, "Influence of Diet on the Distribution of Carbon Isotopes in Animals", en *Geochimica et Cosmochimica Acta*, núm. 45, 1978, pp. 495-506.
- \_\_\_\_\_, "Influence on Diet on the Distribution of Nitrogen Isotopes in Animals", en *Geochimica et Cosmochimica Acta*, núm. 45, 1981, pp. 341-351.
- Eerkens, J. W., A. G. Berger y E. J. Bartelink, "Estimating Weaning and Early Childhood Diet from Serial Micro-Samples

- of Dentin Collagen", en *Journal of Archaeological Science*, núm. 38, 2011, pp. 3101-3111.
- Hedges, R. E. M., "On Bone Collagen-Apatite Carbonate Isotopic Relationships", en *International Journal of Osteoarchaeology* núm. 13, 2003, pp. 66-79.
- Hedges, R. E. M., J. Clement, D. L. Thomas y T. O'Connell, "Collagen Turnover in Adult Femoral Mid-Shaft: Modeled from Anthropogenic Radiocarbon Tracer Measurements", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 133, 2007, pp. 808-816.
- Hedges, R. E. M., R. E. Stevens y P. L. Koch, "Isotopes in Bones and Teeth", en M. J. Leng (ed.), *Isotopes in Paleoenvironmental Research*, Springer, Dordrecht, 2006, pp. 117-145.
- Hillson, S., *Teeth. Cambridge Manuals in Archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986.
- Jim, S., S. Ambrose y R. P. Evershed, "Stable Carbon Isotopic Evidence for Differences in the Dietary Origin of Bone Cholesterol, Collagen, and Apatite: Implications for Their Use in Paleodietary Reconstruction", en *Geochimica et Cosmochimica Acta*, núm. 68, 2004, pp. 61-72.
- Kellner, C. M. y M. J. Schoeninger, "A Simple Carbon Isotope Model for Reconstructing Prehistoric Human Diet", en *American Journal of Physical Anthropology*, núm. 133, 2007, pp. 1112-1127.
- Koch, P. L., N. Tuross y M. L. Fogel, "The Effects of Sample Treatment and Diagenesis on the Isotopic Integrity of Carbonate in Biogenic Hydroxyapatite", en *Journal of Archaeological Science*, núm. 24, 1997, pp. 417-429.
- Krueger, H. W. y C. H. Sullivan, "Models for Carbon Isotope Fractionation between Diet and Bone", en J. R. Turnlund, y P. E. Johnson (eds.), *Stable Isotopes in Nutrition*, Washington, D. C., American Chemical Society Symposium Series, 1984, pp. 205-220.
- LeGeros, R. Z., "Apatites in Biological Systems", en *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, vol. 4, núms. 1-2, 1981, pp. 1-45.
- Long, A. et al., "First Direct AMS Dates on Early Maize from Tehuacán, Mexico", en *Radiocarbon*, vol. 31, núm. 3, 1989, pp. 1035-1040.
- MacNeish, R. S., "Ancient Mesoamerican Civilization", en *Science*, núm. 143, 1964, pp. 531-537.
- \_\_\_\_\_, *The Prehistory of the Tehuacán Valley*, Austin, University of Texas Press, vol. 1, 1967.
- Mangelsdorf, P. C., R. S. MacNeish y W. C. Galinat, "Maíz silvestre prehistórico y maíz cultivado", en D. Byers (ed.), *The Prehistory of the Tehuacán Valley*, Austin, University of Texas Press, vol. 1, 1967, pp. 290-309.
- Morales P. y E. Cienfuegos, "Caracterización de la población multiétnica de Teopancazco por isótopos estables, isótopos de estroncio y elementos traza", en L. R. Manzanilla (ed.), *Estudios arqueométricos del centro del barrio de Teopancazco en Teotihuacán*, México, Coordinación de la Investigación Científica-Coordinación de Humanidades-UNAM, 2012, pp. 433-449.
- O'Leary, M. H., "Carbon Isotopes in Photosynthesis", en *Bioscience*, núm. 38, 1988, pp. 328-336.
- Pasteris, J. D., B. Wopenka y E. Valsami-Jones, "Bone and Tooth Mineralization: Why Apatite?", en *Elements*, núm. 4, 2008, pp. 97-104.
- Schwarcz, H. P., "Some Biochemical Aspects of Carbon Isotopic Paleodiet Studies", en S. Ambrose y M. A. Katzenberg (eds.), *Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis*, Nueva York, Kluwer Academic Press, 2000, pp. 189-208.
- Schwarcz, H. P., M. J. Schoeninger, y M. Baskaran, "Stable Isotopes of Carbon and Nitrogen as Tracers for Paleo-Diet Reconstruction", en *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Berlín-Heidelberg, Springer, 2011, pp. 725-742.
- Smith, B. D., "Reassessing Coxcatlan Cave and the Early History of Domesticated Plants in Mesoamerica", en *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 102, núm. 27, 2005, pp. 9438-9445.
- Smith, B. N. y S. Epstein, "Two Categories of  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  Ratios for Higher Plants", en *Plant Physiology*, núm. 47, 1971, pp. 380-384.
- Smith, C. E. et al., "Mineral Acquisition Rates in Developing Enamel on Maxillary and Mandibular Incisors in Rats and Mice: Implications to Extracellular Acid Loading as Apatite Crystals Mature", en *Journal of Bone and Mineral Research*, vol. 20, núm. 2, 2005, pp. 240-249.
- Staller J., R. Tykot y B. Benz (eds.), *Histories of Maize. Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Linguistics, Biogeography, Domestication, and Evolution of Maize*, Walnut Creek, Left Coast Press, 2009.
- Tieszen, L. L. y T. Fagre, "Effect of Diet Quality and Composition on the Isotopic Composition of Respiratory  $\text{CO}_2$ , Bone Collagen, Bioapatite, and Soft Tissues", en J. B. Lambert y G. Grupe (eds.), *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level*, Berlín, Springer-Verlag, 1993, pp. 121-156.
- Warinner, C. G., "Life and Death at Teposcolula Yucundaa: Mortuary, Archaeogenetic, and Isotopic Investigations of the Early Colonial Period in Mexico", tesis de doctorado, Cambridge, Universidad de Harvard, 2010.
- Warinner, C. G. y N. Tuross, "Alkaline Cooking and Stable Isotope Tissue-Diet Spacing in Swine: Archaeological Implications", en *Journal of Archaeological Science*, vol. 36, núm. 8, 2009, pp. 1690-1697.