

ESTUDIOS DE ANTROPOLOGÍA BIOLÓGICA

VOLUMEN XIV

**

Editoras

Josefina Mansilla Lory
Abigail Meza Peñaloza



Instituto Nacional
de Antropología
e Historia



Consejo Nacional
para la
Cultura y las Artes



AMAB

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
ASOCIACIÓN MEXICANA DE ANTROPOLOGÍA BIOLÓGICA
MÉXICO 2009

Comité editorial

Xabier Lizarraga Cruchaga
José Antonio Pompa y Padilla
Carlos Serrano Sánchez
Luis Alberto Vargas Guadarrama

Todos los artículos fueron dictaminados

Primera edición: 2009

© 2009, Instituto de Investigaciones Antropológicas
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.

© 2009, Instituto Nacional de Antropología e Historia
Córdoba 45, Col. Roma, 06700, México, D.F.
sub_fomento.cncpbs@inah.gob.mx

© 2009, Asociación Mexicana de Antropología Biológica

ISSN 1405-5066

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización
escrita del titular de los derechos patrimoniales

D.R. Derechos reservados conforme a la ley
Impreso y hecho en México
Printed in Mexico

ANÁLISIS QUÍMICO DEL CABELLO DE MOMIAS PREHISPÁNICAS

María Teresa Menéndez Taboada

*Posgrado en Antropología, Facultad de Filosofía y Letras,
Instituto de Investigaciones Antropológicas*

RESUMEN

Este estudio representa un esfuerzo por introducir nuevos datos a la antropología física e integrar una variedad de técnicas usadas por primera vez en México para determinar las concentraciones de elementos traza en el cabello de momias prehispánicas. Los resultados se obtuvieron mediante fluorescencia de rayos X (FRX), microscopía electrónica de barrido (MEB), espectroscopía por dispersión de energía (EDS), análisis por activación neutrónica (AAN), reflectancia total atenuada infrarroja transformada de Fourier (ATR-FTIR) y difracción de rayos X (DRX). También se realizó la comparación entre cabello antiguo, moderno y tierra del entierro. Las muestras prehispánicas mostraron concentraciones más elevadas en elementos secundarios y traza relacionados con el entorno, tales como aluminio, potasio y silicio; posteriormente con el cabello antiguo lavado, los resultados revelaron mayor ingesta de alimentos vegetales que los de las muestras contemporáneas, en ambas esto fue demostrado principalmente con las concentraciones de magnesio y cinc.

PALABRAS CLAVE: cabello, momias, elementos traza, dieta, tierra.

ABSTRACT

This study represents an effort to introduce new data to Physical Anthropology as well as to integrate a variety of techniques used in Mexico for the very first time in order to determine the concentrations of trace elements in prehispanic mummy hair. The results were obtained by using X-ray Fluorescence (FRX), Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), Neutron Activation Analysis (NAA), Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform

Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) and X-ray Diffraction (DRX). Also a comparison between ancient hair, modern hair and burial soil was made. The prehispanic samples showed higher concentrations in trace elements related with the environment, such as aluminum, potassium and silicon; later with the ancient washed hair, the results revealed a higher vegetable food intake than those of contemporary samples; this was principally demonstrated with the magnesium and zinc concentrations in both kinds of samples.

KEY WORDS: hair, mummies, trace elements, diet, soil.

INTRODUCCIÓN

Las momias son cadáveres que han conservado sus partes blandas y han esquivado el proceso de putrefacción; mediante su estudio se puede obtener un mayor conocimiento del pasado, ya que representan una fuente primaria de información. Esto se debe a que no sólo están presentes los huesos sino también los tejidos blandos, que comprenden órganos internos, piel, cabello, uñas y otros. Estos tejidos pueden someterse a una mayor variedad de estudios que permiten identificar patologías que no dejan huella en los restos óseos.

Hay elementos químicos o bioelementos que se consideran esenciales para la vida de determinados organismos. Éstos se han clasificado según su abundancia en el cuerpo humano. Lozano *et al.* (2000) los dividieron en primarios, secundarios y oligoelementos, mientras que Ruvalcaba y Becerra (2004) se refieren a estos mismos grupos pero con el nombre de mayoritarios, menores y traza.

Los cabellos son formaciones epidérmicas cornificadas y elásticas que se originan en los folículos pilosos, situados en la profundidad de la dermis (Reverte 1999: 258) y guardan información sobre la vida y hábitos de una persona, por ejemplo, dieta, estado de salud-enfermedad, consumo de drogas, determinación del origen geográfico, exposición a contaminantes, determinación del grupo sanguíneo (AB0), entre otros. El análisis de los elementos traza como método para la reconstrucción de la dieta de poblaciones antiguas se inició a mediados de la década de los setenta (Rodríguez y Cárdenas 2001: 18). Fuera de nuestro país los elementos químicos presentes en el cabello de restos momificados o esqueletizados se han estudiado a través de diversas técnicas para determinar la

dieta u otros aspectos, tales como contaminantes y patologías. En México sólo se ha realizado un estudio de esta naturaleza: *Composición química del cabello de momias prehispánicas: una aproximación a la dieta y al entorno* (Menéndez 2006), y del cual se desprende este trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra

Las cuatro momias pertenecen al Postclásico (800-1521 dC) y se encuentran en el acervo de colecciones de la Dirección de Antropología Física del INAH; tres de ellas, al parecer, provienen de la cueva de La Ventana, ubicada probablemente en la localidad tarahumara de Norogachic al suroeste del estado de Chihuahua; la cuarta es de procedencia desconocida, pero el tipo de entierro y los objetos que tienen asociados hacen pensar que proviene también de una cueva al norte del país.

Dos de las momias de la cueva La Ventana son mujeres adultas (momias II y V) y la tercera es un infante del sexo masculino (momia IV). La cuarta es de origen desconocido y corresponde a un infante del sexo masculino (momia F2). Se tomaron muestras de tierra asociada a cada uno de los cuerpos, con propósitos de comparación se tomaron muestras de cabello de dos adultos jóvenes vivos (del sexo femenino y masculino, respectivamente).

Toma de las muestras de cabello

La toma de los cabellos de las momias y de los individuos vivos se llevó a cabo evitando en lo posible la contaminación externa, por tal motivo se utilizaron tijeras y pinzas esterilizadas para extraer aproximadamente cerca de 100 cabellos de cada sujeto. No se utilizaron guantes de goma, sino que se recurrió al lavado de manos previo. Es recomendable extraer el cabello de la región occipital, ya que es la zona menos expuesta al ambiente y donde generalmente se conserva más el cabello. Las muestras de cabello se guardaron en envases de plástico herméticos y estériles, al igual que las de la tierra adherida a cada una de las momias, las cuales se extrajeron cuidadosamente con instrumental esterilizado.

Técnicas de análisis

Se recurrió a técnicas que no son propias de la antropología física por lo que fue necesario el apoyo de especialistas en física y química. Se empleó la técnica de fluorescencia de rayos X (FRX), la cual normalmente se utiliza para una rápida identificación de la composición elemental de una sustancia. Mediante esta técnica es posible determinar casi todos los elementos contenidos en la Tabla Periódica, desde el flúor hasta el uranio, en muestras sólidas, en polvos y en líquidos. Asimismo, mediante la utilización de los patrones adecuados es posible realizar el análisis semicuantitativo de los elementos presentes; para dicho estudio se empleó un espectrómetro de fluorescencia de rayos X marca Siemens, modelo SRS 303. A su vez, realizamos un análisis elemental de espectroscopía por dispersión de energía (EDS) a través de un detector de electrones secundarios acoplado al microscopio electrónico de barrido (MEB) marca Leica, modelo Stereoscan 440. Este microscopio permite conocer la topografía de cada cabello. Tanto la FRX, el EDS y la MEB se llevaron a cabo en el Instituto de Investigaciones en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Como complemento de estas técnicas se efectuó un análisis por activación neutrónica (AAN) para obtener la composición química, pero en este caso el cabello se sometió a un proceso de lavado previo; este análisis se realizó con el reactor nuclear y el sistema de irradiación fijo SIFCA del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Por otro lado, aplicamos la reflectancia total atenuada infrarroja transformada de Fourier (ATR-FTIR) para obtener las sustancias presentes en el cabello y conocer su grado de preservación; se empleó un espectrofotómetro modelo 6X Perkin Elmer Series del Laboratorio de Química de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Finalmente, se estudiaron los compuestos de la tierra asociada a los restos momificados a través de la difracción de rayos X (DRX) con el difractorómetro de rayos X marca Broker AXS, modelo D8 Advance del IIM-UNAM.

RESULTADOS

Fluorescencia de rayos X (FRX)

Con esta técnica se obtuvo un análisis cualitativo y semicuantitativo de los elementos presentes en el cabello. En los individuos contemporáneos los mayoritarios son el calcio y el fósforo, mientras que las cuatro momias contienen además, concentraciones importantes de potasio y cloro. En cuanto a elementos traza, los contemporáneos presentan en el siguiente orden mayores concentraciones de cinc, cloro, silicio, níquel, cobre y potasio; en las momias son silicio, cinc, hierro, manganeso, aluminio y magnesio. La similitud en la composición química del cabello de los individuos contemporáneos y de las momias fue notoria (cuadro 1).

Cuadro 1

Los elementos obtenidos por FRX se presentan de izquierda a derecha y de mayor a menor concentración

Muestra	Elementos mayoritarios	Elementos traza
1	S, Ca, P	Zn, Cl, Si, Ni, Cu, K
2	S, Ca, P	Cl, Si, Zn, Ni, Cu, K
3	S, K, Cl, Ca, P	Si, Mn, Fe, Mg, Al
4	S, K, Ca, Cl, P	Si, Zn, Fe, Mg, Al
5	S, K, Ca, Cl, P	Si, Zn, Al, Mn, Fe, Mg
6	S, Cl, K, Ca, P	Si, Fe, Mn, Zn, Mg, Al

Cuadro 2

Resultados por AAN (Unidades = $\mu\text{g/g}$)

Elementos	Sodio	Manganeso	Potasio	Cinc	Magnesio
Muestra 1	52 ± 2	13 ± 2	29 ± 5	108 ± 10	202.6 ± 8
Muestra 2	69 ± 0.5	19 ± 2	47 ± 7	122 ± 11	528 ± 54
Muestra 3	442 ± 58	82 ± 1	0.12 ± 0.03	53 ± 7	184.4 ± 177
Muestra 4	473 ± 6	14 ± 0.8	0.13 ± 0.01	104 ± 10	762 ± 93
Muestra 5	458 ± 62	27.4 ± 0.06	0.21 ± 0.05	56 ± 7	350 ± 47
Muestra 6	250 ± 11	66 ± 2	0.05 ± 0.01	93 ± 3	66 ± 0.4

Análisis por activación neutrónica (AAN)

De los resultados obtenidos con esta técnica, vale la pena resaltar que los niveles de sodio son mucho más altos en los individuos momificados y que tienen concentraciones similares entre sí. A diferencia de éstos, los contemporáneos presentan concentraciones de dicho elemento por debajo de los 100µg/g. El manganeso se encuentra en los seis sujetos, pero en mayor medida entre las momias. Por otro lado, los contemporáneos tienen mucho más potasio que las momias (cerca de diez veces), todos los individuos estudiados tienen cinc; las cuatro momias presentan valores menores a los 100 µg por gramo de cabello y, a su vez, estos niveles son similares para dichos casos. En los contemporáneos los valores rebasan los 100 µg/g de cabello. Por último, todos los individuos presentan más magnesio que cinc, en especial las momias infantiles (cuadro 2).

Difracción de rayos X (DRX)

Con esta técnica se analizó un poco de la tierra asociada con cada momia. Las muestras que provienen de la misma cueva se caracterizan por ser ricas en cuarzo (SiO_2), aunque también hay compuestos formados por potasio, aluminio, sodio, magnesio, hierro y calcio. Algunos de los compuestos que forman estos elementos son labradorita, muscovita, albita y en menor medida calcita. En la muestra de procedencia distinta predomina el carbonato de calcio (calcita); y aunque en menor cantidad sodio, silicio, aluminio y magnesio, que forman compuestos como la albita y la montmorillonita, principalmente.

Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Con el microscopio electrónico de barrido es posible observar la superficie del cabello, realizar su descripción morfológica, medir el diámetro de cada fibra y la distancia entre sus escamas. Mediante los diámetros se establece la correlación con la edad de los individuos, y la distancia entre escamas con la preservación del cabello. La unidad de medida empleada en este caso es el micrón (μm). De cada muestra se tomaron tres aumentos diferentes: 2.5K, 1K y .5K, en donde "x" representa el número de veces que se aumentó la imagen. El diámetro de las dos muestras contemporáneas

fue de 87 micrones, mientras que la distancia entre escamas se mantuvo en un rango entre 5 y 10 micrones. En las momias infantiles el diámetro se mantuvo entre 70 y 75; en la distancia entre escamas varió entre 7.5 y 10 micrones; en las dos momias adultas los diámetros aumentaron a 80 y 92, respectivamente, mientras que la distancia entre escamas se mantuvo en el mismo rango que las anteriores (figuras 1 y 2).

Espectroscopía por dispersión de energía (EDS)

Mediante el análisis de EDS se obtuvo la composición química local y superficial del cabello. Se comprobó que los contemporáneos presentan los mismos elementos químicos en la superficie del cabello: azufre, calcio, silicio, magnesio y potasio. El de las cuatro momias tiene mayores proporciones de estos elementos, y además cloro y aluminio, y en los cuatro casos los niveles de concentración de cada elemento son similares. Por

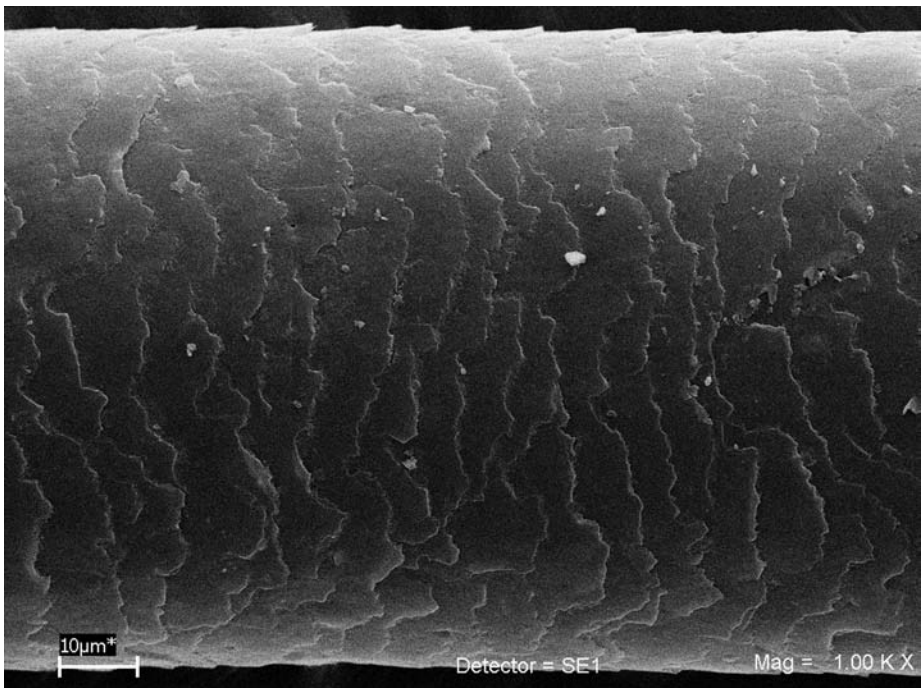


Figura 1. Microscopía del cabello de un individuo adulto contemporáneo.

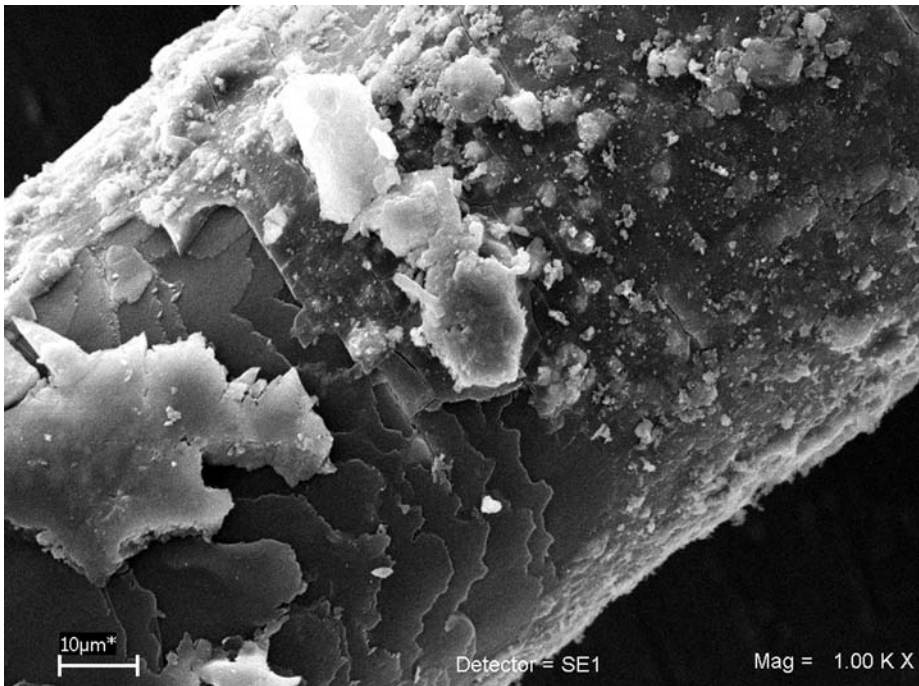
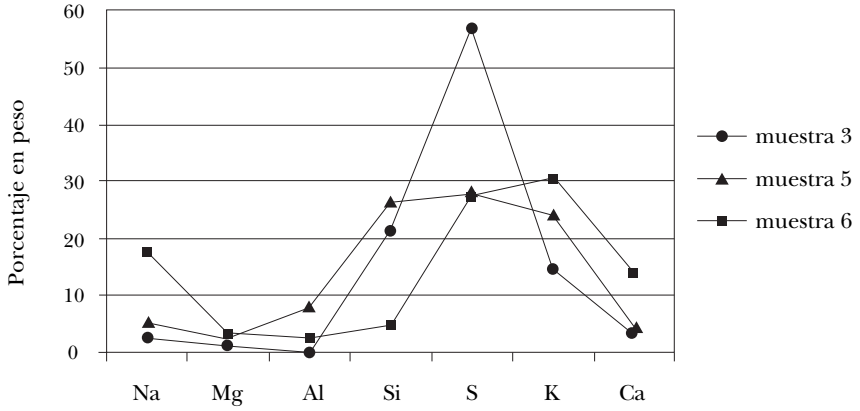


Figura 2. Microscopía del cabello de un individuo adulto momificado.

otro lado, las micrografías obtenidas con el microscopio electrónico de barrido indican que el cabello de las momias presenta bastante adherencia de partículas en algunas partes de la superficie, por tal motivo se obtuvieron espectros específicos para obtener su composición química. Los resultados muestran que los elementos presentes son silicio, potasio, sodio, calcio, magnesio y aluminio (gráfica 1).

Reflectancia total atenuada infrarroja transformada de Fourier (ATR-FTIR)

Los espectros por ATR-FTIR evidencian algunas sustancias que forman el cabello. Al igual que Lubec *et al.* (1987), con esta técnica se encontraron amidas y queratina tanto en los individuos contemporáneos como en las momias, es decir, estas proteínas no se degradaron con el tiempo,



Gráfica 1. Resultados por EDS del cabello con tierra.

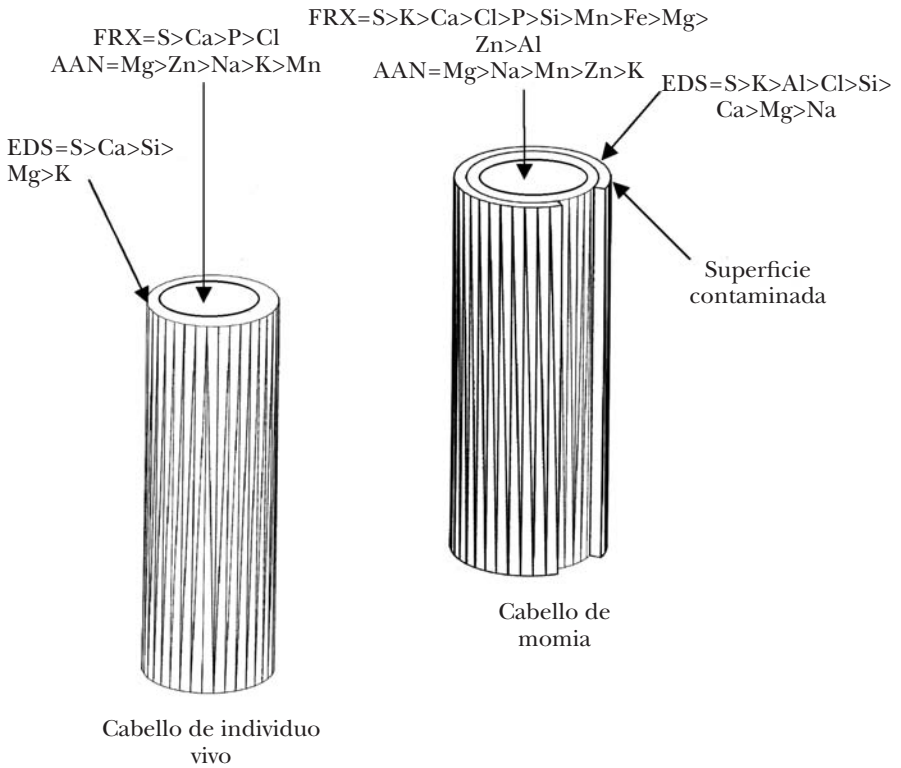


Figura 3. Modelo del cabello.

además se confirma que la queratina es un compuesto fundamental en la composición del cabello (Sandford y Kissling 1993: 135).

CONCLUSIONES

A partir de los resultados emerge el siguiente modelo para la composición del cabello, en el cual se resumen los elementos químicos obtenidos con cada una de las técnicas empleadas (Menéndez 2006: 117) (figura 3). El análisis de la dieta a través del cabello de momias es confiable, siempre y cuando los elementos que lo conforman y los que están presentes en el suelo se analicen con cuidado. Así, estos últimos podrán descartarse y se estudiarán los inherentes al cabello y que se asimilan a través de los alimentos.

Los elementos químicos provenientes de la dieta y del suelo fueron caracterizados y diferenciados. La DRX demostró que la tierra asociada con las momias es rica en aluminio, silicio, potasio, calcio, sodio, magnesio y hierro. Este hallazgo coincide con lo señalado por Brito *et al.* (2004) y Ruvalcaba y Becerra (2004), también con nuestros resultados por FRX y EDS, que detectaron más potasio y silicio asociados con el lugar de depósito; además, la tierra de las tres momias provenientes de la misma cueva presenta mayor concentración de silicio, elemento característico de los suelos de regiones áridas y templadas (Cepeda 1991: 66). Asimismo, la tierra de la momia que proviene de un lugar distinto es rica en calcita, esto demuestra que la composición elemental varía entre los sitios de entierro, y por lo tanto las momias pertenecen a entornos diferentes.

Con la FRX el manganeso se presentó en las muestras de cabello con mayor adherencia de partículas provenientes del mismo lugar. En coincidencia, al lavar el cabello para el estudio por AAN, en dichas muestras siguió presentándose mayor cantidad de este elemento; esto indica que el cabello absorbe ciertos elementos del suelo, los cuales no pueden removerse con el lavado. Debido a los límites de detección menos sensibles de la DRX y del EDS, este elemento no se detectó con estas técnicas. En el caso especial del aluminio, éste no se encontró bajo ninguna técnica en los individuos vivos, por lo que es característico de las momias que pudo absorberse del suelo. El aluminio se encontró de forma extensiva en los compuestos de la tierra identificados por DRX, FRX y EDS.

Cuando se lavaron las muestras de cabello de las momias, desaparecieron algunos elementos característicos del suelo (cloro y silicio) y los niveles de potasio disminuyeron. Por lo tanto, con dicho procedimiento se eliminan los restos de tierra adheridos al cabello y se explican las diferencias entre el AAN y la FRX. Los principales elementos químicos que pueden asociarse con la dieta de los tarahumaras y que se detectaron con el AAN y en parte por la FRX son el magnesio y el cinc. Tanto las momias como los individuos contemporáneos presentan mayor concentración de magnesio que cinc. El magnesio está relacionado con el consumo de maíz, frijol y calabaza, alimentos básicos de este grupo indígena (Bennet y Zingg 1978); a su vez, los contemporáneos tienen más cinc que las momias prehispánicas, lo que indica un mayor consumo de proteína animal.

Otros elementos químicos asociados con la dieta de los tarahumaras encontrados con EDS y FRX y que están en mayor medida en las momias, son potasio, calcio y manganeso. El potasio se encuentra en los frijoles, calabaza, quelites, carne de venado y conejo; el calcio en las tortillas y lácteos, y el manganeso en los frijoles (Brito 2002: 242). Estos alimentos han sido muy comunes entre los tarahumaras y, a su vez, reflejan la agricultura practicada de forma extensiva en la región y la baja frecuencia de la caza. El K, el Ca y el Mn también pueden encontrarse en el suelo. Por tal motivo, sus concentraciones son mayores en las momias que en los contemporáneos porque deben su origen tanto a la dieta como al contexto de enterramiento.

Con respecto a los diámetros del cabello, concluimos que en la muestra no hay diferencias atribuibles al sexo, pero sí a la edad, ya que los diámetros de los infantes son iguales entre sí y menores a los de los adultos. Además, el cabello de los seis individuos corresponde, según Hrdy (1978: 281), a la categoría de grosor medio. La distancia entre escamas determinada por MEB se mantiene constante en los seis casos, lo que indica una buena preservación y una estructura resistente del cabello a lo largo del tiempo. Esto coincide con la técnica de ATR-FTIR que detectó los compuestos propios del cabello: amidas y queratina. La permanencia de dichos compuestos en las momias refleja que no se degradaron y que el cabello se conservó en buen estado. A pesar de que las muestras y las técnicas empleadas en los estudios de los autores aquí mencionados, son muy diferentes a las del presente trabajo,

hay grandes similitudes entre los resultados logrados. Además de obtener una aproximación a la dieta y al entorno, este estudio representa una contribución a la antropología física, ya que el análisis del cabello de momias por medio de técnicas científicas de caracterización, amplía el conocimiento respecto al contexto cultural y biológico de sociedades antiguas.

Agradecimientos

Doctora Josefina Mansilla Lory (DAF-INAH), doctor Pedro Bosch Giral, Ingeniera Química Leticia Baños, doctores José Guzmán y Enrique Lima (Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM), doctora Silvia Bulbulian Garabidian, Química Farmacobióloga Ma. Del Carmen López Reyes y técnico Químico Juan Vidal Molina (Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares).

REFERENCIAS

BENNET, W. Y R. ZINGG

1978 *Los tarahumaras: una tribu india al norte de México*, Instituto Nacional Indigenista, México.

BRITO, L.

2002 *Análisis social de la población prehispánica de Monte Albán a través del estudio de la dieta*, tesis de doctorado en Estudios Mesoamericanos, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

BRITO, L., I. GARZA, L. BAÑOS Y F. CHAIRE

2004 Reconstrucción de la dieta de un sector de la población prehispánica de Cuauhnáhuac, Morelos, a través del análisis de elementos químicos en restos esqueléticos, en D. Mendoza, L. Brito y J. Arenas (eds.), *La ciencia de materiales y su impacto en la arqueología*, pp. 87-100, Academia Mexicana de Materiales, A.C., México.

CEPEDA, J.

1991 *Química de los suelos*, Editorial Trillas, México.

HRDY, D.

- 1978 Analysis of hair samples of mummies from Semma South (Sudanese Nubia), *American Journal of Physical Anthropology*, 49: 277-282.

LOZANO, J., J. GALINDO, J. GARCÍA-BORRÓN, J. MARTÍNEZ, R. PEÑAFIEL Y F. SOLANO
2000 *Bioquímica y biología molecular para ciencias de la salud*, McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

LUBEC, G., G. NACER, K. SEIFERT, E. STROUHAL, H. PORTEDER J. SZILVASSY Y M. TESCHLER

- 1987 Structural stability of hair over three thousand years, *Journal of Archaeological Science*, 14(1): 113-120.

MENÉNDEZ, M.

- 2006 *Composición química del cabello de momias prehispánicas: una aproximación a la dieta y al entorno*, tesis de licenciatura en Antropología Física, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México.

REVERTE, J.

- 1999 *Antropología Forense*, Ministerio de Justicia, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid.

RODRÍGUEZ, C. Y F. CÁRDENAS-ARROYO

- 2001 Historia de las investigaciones en momias, en C. Rodríguez y F. Cárdenas-Arroyo (eds.), *Proceedings of the II World Congress on Mummy Studies*, pp. 13-22, Cartagena, Colombia.

RUVALCABA, J. Y V. BECERRA

- 2004 Estudio de paleodieta mediante el análisis PIXE de restos óseos de Teotihuacan, en D. Mendoza, L. Brito y J. Arenas (eds.), *La ciencia de materiales y su impacto en la arqueología*, pp. 41-53, Academia Mexicana de Materiales, A.C., México.

SANDFORD, M. Y G. KISSLING

- 1993 Chemical analysis of human hair, en M. Sandford (ed.), *Investigations of ancient human tissue: chemical analyses in anthropology*, pp. 131-165, Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam.

