

**VARIACIONES DEL CARBONO-13 EN EL CABELLO
DE LA MOMIA DE CHUSCHA.
COMPARACIÓN CON LA MOMIA DEL ACONCAGUA**

Héctor O. Panarello*

INTRODUCCIÓN

Durante las décadas pasadas se estableció la existencia de dos caminos metabólicos en las plantas superiores. El más común fija el CO₂ atmosférico en la forma de compuestos intermedios de 3 átomos de carbono, siguiendo el bien conocido Ciclo de Calvin Benson. Este proceso introduce un gran fraccionamiento en los isótopos del carbono el cual deja a la materia orgánica producida muy empobrecida respecto de la fuente el CO₂ atmosférico. Como regla general si se supone un $\delta^{13}\text{C} = -8\text{‰}$ vs V-PDB (ver definición más abajo) para el CO₂ de la atmósfera, estas plantas, conocidas como C₃ exhiben valores distribuidos normalmente alrededor de $\delta^{13}\text{C} = 27$ a -26‰ vs. V-PDB constituyendo la mayoría de los árboles y plantas en todo el mundo. Más recientemente se ha descrito un segundo grupo de plantas con una vía fotosintética diferente. Estas están adaptadas a los ambientes más áridos y con fuerte irradiación solar. Presentan una anatomía foliar característica en forma de una diadema (Kranz en alemán). Siguen el camino metabólico descrito por Hatch-Slack y reciben el nombre de plantas Kranz or C₄, dado que fijan el CO₂ en compuestos intermedios de 4 átomos de carbono. La materia orgánica sintetizada está menos empobrecida en ¹³C que la de las plantas C₃. Sus valores $\delta^{13}\text{C}$ varían entre -14 y -9‰ vs V-PDB. En este grupo se encuentran el maíz, el sorgo y el azúcar de caña entre otras. Existe un tercer grupo llamado M.A.C. (metabolismo ácido de las crasuláceas), representado por cactus y orquídeas que presentan valores próximos a las C₃, las C₄ o intermedios.

El pelo de los animales refleja fielmente su dieta durante el período de crecimiento. En cada centímetro se registran variaciones estacionales, mensuales y hasta semanales de la composición de su dieta. El factor de enriquecimiento isotópico relativo a la dieta, que es ligeramente superior al 5‰ en el colágeno, es de sólo el 1‰ en el pelo (Minson *et al.*,

* INSTITUTO DE GEOCRONOLOGÍA Y GEOLOGÍA ISOTÓPICA. Pabellón INGEIS, Ciudad Universitaria, C. A. de Buenos Aires. C1428EHA, Argentina. hector@ingeis.uba.ar

1975; DeNiro y Epstein, 1978; Jones *et al.*, 1981; Tieszen *et al.*, 1983). En el caso de la alimentación natural, el fraccionamiento es mayor, alrededor del 1.3‰ y 3.4‰ (Nakamura *et al.*, 1982; Schoeller *et al.*, 1986; Katzenberg y Krouse, 1989; White, 1993; Fernández C. *et al.*, 1999, Panarello y Fernández, 2003).

Este trabajo compara las relaciones $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ del cabello de dos momias incaicas que se encontraron en los montes Aconcagua y Chuscha de la Argentina. En el mismo se hace una interpretación preliminar del por qué de las diferencias.

LA MOMIA INCAICA DEL MONTE CHUSCHA

Una nueva especialidad, la Arqueología del Alta Montaña investiga los llamados Santuarios de Altura que son sitios situados a elevaciones mayores a los 5000 metros. Se encontraron en Perú, Chile Central y últimamente en zonas montañosas del Norte de Argentina. De acuerdo con la bibliografía que disponemos, hasta el momento se encontraron 140 de estos sitios, 12 de los cuales contenían una o varias momias. Pertenecen al período de expansión del Imperio Incaico 1475-1532, su edad está próxima a los 500 años antes del presente. La relativamente buena preservación de los cuerpos permite obtener información valiosa, no posible en otro tipo de restos humanos. Asimismo los textiles y elementos culturales que se encontraron conjuntamente, se han conservado en estado excelente.

La momia del monte Chuscha fue encontrada por pobladores del lugar entre los años 1920 y 1922 camino a la cima del Nevado de Chuscha a una altura de 5200 m s. n. mar. La ciudad de Cafayate, al sur de la provincial de Salta es la localidad más cercana al sitio (Fig. 1). La momia consiste en un cadáver deshidratado de una niña de 8,5 años vestida con un "uncu" (camiseta andina) y acompañada de algunos adornos y elementos rituales. Como en el caso de la momia del monte Aconcagua (Fernández C. *et al.*, 1999) y otros similares, se interpreta como un sacrificio humano llamado "capacocha". En este acto se ofrecían las deidades niños de entre 6-15 años a en una ceremonia presidida por el Sol, el "dios imperial".

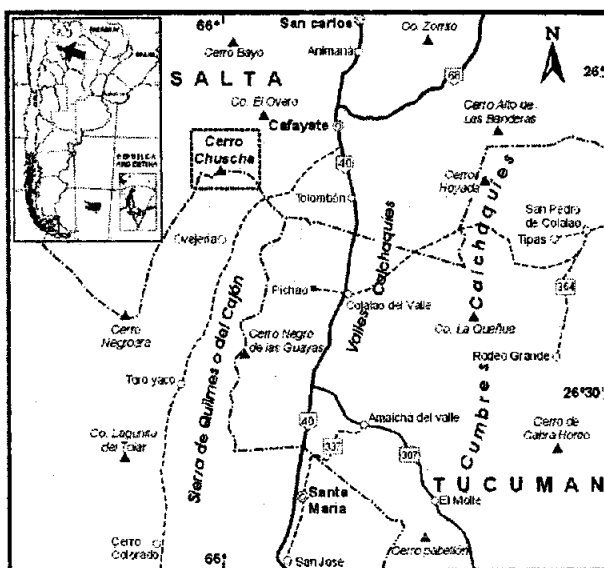


Figura 1. Mapa de la zona donde fueron encontrados los restos de la momia de Chuscha.

MATERIAL Y METODO

Con el fin de estudiar la proporción relativa de plantas C_3 y C_4 en la dieta de la momia de Chuscha, una hebra de su cabello se lavó cuidadosamente con éter de petróleo para remover restos de huevos de insectos y grasa. Luego, fue cortada en secciones de 15mm y combustionada de acuerdo con la técnica descrita en Panarello (1987). Las relaciones $^{13}C/^{12}C$ de cada sección se contrastaron en un espectrómetro Finnigan Delta-S, tipo McKinney, de triple colector con la referencia INGEIS-1, mármol de Carrara. Los resultados se expresaron como $\delta\%$ definido como sigue.

$$\delta^{13}C = 1000 \frac{[^{13}C/^{12}C]_S - [^{13}C/^{12}C]_R}{[^{13}C/^{12}C]_R} \%$$

donde:

$\delta^{13}C$: Desviación isotópica en ‰

$^{13}C/^{12}C$: Relación isotópica

S = Muestra

R = Patrón de referencia, V-PDB (Craig, 1957; Gonfiantini, 1978)

Un valor de la $\delta^{13}\text{C}$ mayor que cero, indica que la muestra contiene más ^{13}C que el patrón (mayor enriquecimiento isotópico) Un valor negativo, que la muestra contiene menor contenido de ^{13}C que el patrón (empobrecimiento isotópico).

Nº INGEIS	D a la calva [mm]	$\delta^{13}\text{C}$
AIE 12316	0-15	-12,1
AIE 12317	15-30	-10,8
AIE 12318	30-45	-10,8
AIE 12319	45-60	-13,0
AIE 12320	60-75	-15,2
AIE 12321	75-90	-15,8
AIE 12322	90-105	-17,1
AIE 12323	105-120	-18,9
AIE 12324	120-135	-19,1
AIE 12325	135-150	-20,0
AIE 12326	150-160	-21,7

Tabla 1. Valores isotópicos $\delta^{13}\text{C}$ en las muestras de cabello de la Momia de Chuscha

DISCUSIÓN

La figura 3 muestra las variaciones en la composición isotópica del carbono del pelo de la momia de Chuscha, comenzando contra la cabeza y alejándose en intervalos de 15 mm hacia la punta.

El intervalo 150-160 mm corresponde al cabello más viejo y exhibe un valor de -21,7, que corresponde a una dieta con mayoría de plantas C_3 (ca 80%). Aproximándose al cuero cabelludo los valores se vuelven gradualmente más positivos hasta alcanzar el valor de -10,8 ‰ a los 0-15 mm, correspondiente a una dieta pura C_4 . Esto se puede interpretar como que a partir de un determinado momento (puede ser el comienzo del viaje hacia el sitio del sacrificio) la momia fue alimentada con maíz y bebidas derivadas hasta que cualquier señal de plantas C_3 desapareció.

Fernández C. *et al.* (1999) usaron isótopos del carbono, nitrógeno y azufre para intentar develar el origen étnico de la Momia del Monte Aconcagua. Particularmente, la $\delta^{13}\text{C}$ del pelo presentó variaciones cíclicas con el tiempo que fueron interpretadas como alternancias en el consumo de plantas C_4 (maíz) o alimentos marinos y alimentos derivados de plantas C_3 , tal vez debido al hecho de no tener capacidad de almacenaje de

granos, por lo que el consumo de maíz se circunscribiría a los meses próximos a las cosechas. La Figura 2, modificada de Fernández C. *et al.* (1999), muestra estos resultados. Si se considera la velocidad de crecimiento promedio del cabello como de 0.35 mm/día (Fernández C. *et al.*, 1999), los ca. 200 mm de la hebra representarían a unos 19 meses de vida. La distancia entre un máximo y un mínimo (entre 60 y 125 mm) correspondería casi exactamente a 6 meses, por lo que la hipótesis de estacionalidad en el consumo de maíz se vería reforzada.

Las diferencias observadas en la $\delta^{13}\text{C}$ del cabello de las dos momias pueden entonces ser debido a la distinta proveniencia de los individuos. En el caso de la momia del Aconcagua, como se mencionó, parecería que el niño vivía cerca del sitio del sacrificio, por lo que comía maíz durante los meses siguientes a las cosechas

Si la cultura no poseía la capacidad de almacenamiento, cuando el maíz se acababa se consumían preferentemente plantas C_3 y la composición isotópica del cabello se tornaba más empobrecida. El segmento final de la curva muestra un incremento en ^{13}C , que en este caso podría ser debido a la continuación del ciclo mencionado o a la dieta especial rica en maíz y derivado que se daba al "Mensajero de las Deidades". En la ingesta de maíz por parte de los sacrificandos puede haber también un componente simbólico (Schobinger *et al.*, 2001)

La víctima que sería la momia de Chuscha, pudo provenir de una región más distante donde el maíz no influenciaba significativamente su dieta (¿otro origen étnico?) y por lo tanto el camino hacia sitio de sacrificio habría comenzado más temprano. Desde el momento en que comenzó su calvario, una dieta rica en C_4 , *i.e.* maíz y bebidas derivadas fueron responsables del incremento del ^{13}C . Teniendo en cuenta las mismas consideraciones sobre el crecimiento del pelo, habrían pasado casi 14 meses desde el comienzo de la alimentación C_4 hasta el momento de la muerte. No puede descartarse con el uso de este isótopo una alimentación de origen marino, aunque en este caso sería extremadamente improbable ya que los indicios culturales sugieren que la niña del Chuscha procede de regiones andinas altas (Schobinger, comunicación personal).

CONCLUSIONES

El contenido de ^{13}C del pelo de momias bien preservadas constituye una herramienta excelente para marcar la paleodieta de los llamados “mensajeros a las deidades”, *i.e.* los niños sacrificados para calmar el enojo o para obtener el favor de los dioses.

Se observó una distribución diferente de los contenidos de ^{13}C en las momias estudiadas *i.e.* la del Monte Chuscha y la del Monte Aconcagua. La primera exhibe un patrón uniformemente descendente desde valores desde la raíz hacia la punta, mientras que la segunda presenta variaciones cíclicas.

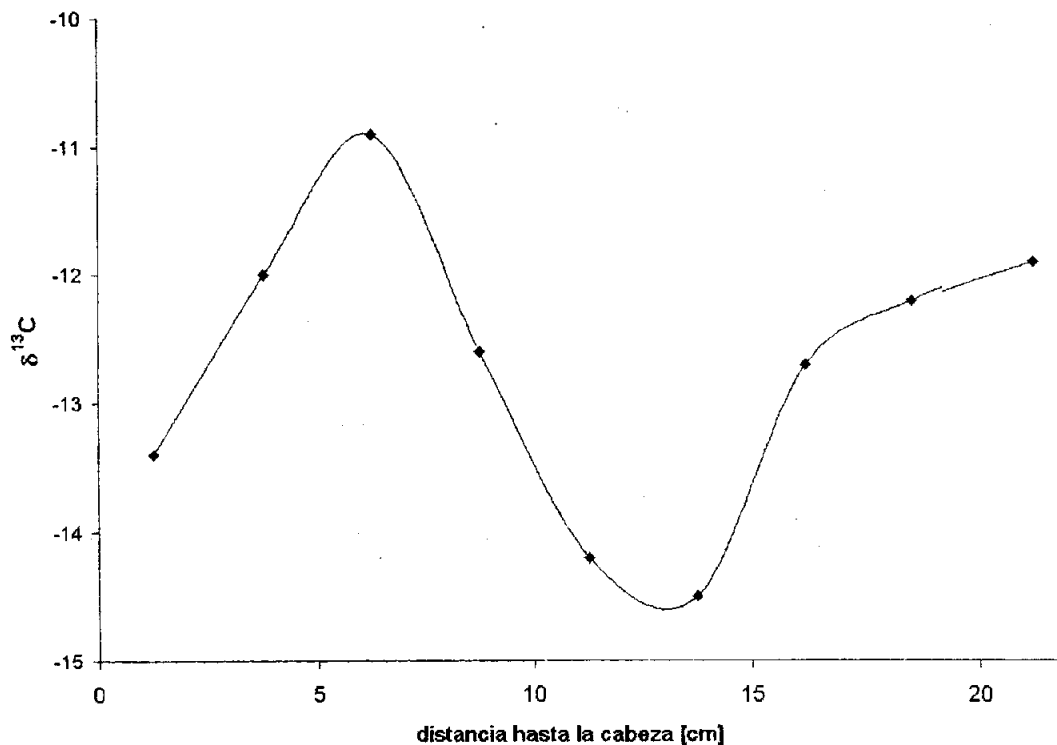


Figura 2. Variaciones del ^{13}C en el cabello de la Momia del Monte Aconcagua (Modificado de Fernández C. *et al.*, 1999). Nótese la variación cíclica..

Una explicación posible es que las momias vivían originalmente en lugares situados a distancias muy diferentes del santuario de sacrificio donde fueron halladas. Relativamente cerca la del Aconcagua, por lo que la composición isotópica refleja cambios durante su vida normal en su lugar de residencia, y en una zona lejana, la de

Chuscha. Esta habría emprendido un largo viaje con los cambios en la alimentación que produjeron el enriquecimiento en ^{13}C . La velocidad de crecimiento del pelo apoyaría la hipótesis de estacionalidad en el consumo de maíz por el niño del Aconcagua y un viaje de unos 14 meses para la niña de Chuscha.

Teniendo en cuenta que el contenido ^{13}C de las plantas C_4 puede ser indistinguible del de ciertos alimentos marinos, se efectuarán en el futuro estudio con ^{15}N y ^{34}S que pueden ayudar a determinar las proporciones de cada alimento a la dieta, aunque en la Momia de Chuscha la alimentación marina estaría prácticamente descartada.

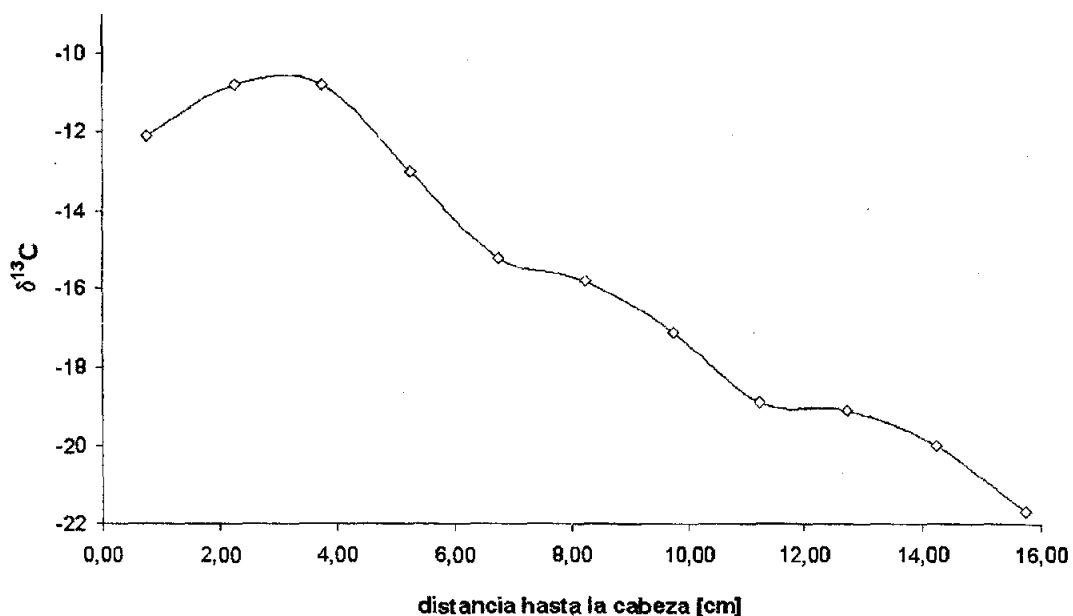


Figure 3. Variaciones de la $\delta^{13}\text{C}$ a lo largo de una hebra de cabello de la momia de Chuscha, desde la calva hasta la punta.

AGRADECIMIENTOS.

Se agradece al personal del laboratorio de isótopos estables del INGEIS, especialmente a la Lic. Susana Valencio por la realización de las determinaciones isotópicas $\delta^{13}\text{C}$. Asimismo, al poseedor actual de la momia de Chuscha, Dr. Matteo Goretti, presidente de la Fundación CEPPA, quién proveyó gentilmente los materiales para este estudio.

REFERENCIAS

- Craig, H., 1957.** Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass-spectrometric analysis of carbon dioxide. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 12: 133-137.
- DeNiro, M. J. and Epstein, S., 1978.** Influence of diet on the distribution of carbon isotope in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42: 495-506.
- Fernández C. J., Panarello, H.O. and Schobinger, J. 1999.** The Inka mummy from Mount Aconcagua: Decoding the geographic origin of the "Messenger to the Deities" by means of stable carbon, nitrogen and sulphur isotope analyses. *Geoarchaeology* 14 N° 1: 24-46.
- Gonfiantini, R., 1978.** Standards for stable isotope measurements in natural compounds. *Nature* 271: 534.
- Jones, R. J., Ludlow, M. M., Troughton, J. H. and Blunt, C. D., 1981.** Changes in the natural carbon isotope ratios of the hair from steers feed diets of C₄, C₃ and C₄ species in sequence. *Search* 12 (3-4): 85-87.
- Katzenberg, N. M. and Krouse, H. R., 1989.** Application of stable isotope variation in human tissues to problems of identification. *Canadian Society for Forensic Sciences Journal* 22: 7-19.
- Minson, D. J., Ludlow, M. M. and Troughton, J. H., 1975.** Differences in natural carbon isotope ratios of milk and hair from cattle grazing tropical and temperate pastures. *Nature* 256: 602.
- Nakamura, K., Schoeller, D. A., Winkler, F. J. and Schmidt H. L., 1982.** Geographical variation in the carbon isotope composition of the diet and hair in contemporary man. *Biomedical Mass Spectrometry* 9: 390-394.
- Panarello, H. O., 1987.** Relaciones entre concentraciones de isótopos livianos utilizados como indicadores ambientales y de paleotemperaturas. Doctoral Tesis, Universidad de Buenos Aires. 103pp.
- Panarello, H.O. and Fernández C., J., 2003.** Stable Carbon Isotope Measurements on Hair from Wild Animals from Altiplanic Environments of Jujuy, Argentina. *Radiocarbon* vol. 44 N° 3.
- Schobinger, J. (editor), 2001.** El santuario incaico del cerro Aconcagua. EDIUNC, Mendoza.
- Schoeller, D.A., Minigawa, M., Slater, R. and Kaplan, I.R., 1986.** Stable isotopes of carbon, nitrogen and hydrogen in the contemporary North America food web. *Ecology of food and nutrition*, 18: 159-170.
- Tieszen, L. L., Boutton, T. W., Tesdahl, K. G. and Slade N.A., 1983.** Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues, implications for ¹³C analysis of diet. *Oecologia* 57: 32-37.
- White, C. D., 1993.** Isotopic determination of seasonality in diet and death from Nubian mummy hair. *Journal of Archaeological Science* 20: 657-666.