

**CAZADORES RECOLECTORES DEL HOLOCENO MEDIO Y SUPERIOR
DE LA CUEVA HAICHOL,
REGIÓN CORDILLERANA CENTRAL DEL NEUQUÉN,
REPÚBLICA ARGENTINA**

CRONOLOGÍA ^{14}C -AMS SOBRE COLÁGENO ÓSEO Y SU CONVERSIÓN A TIEMPO CALENDARIO.
SIGNATURAS ISOTÓPICAS DEL CARBONO Y DEL NITRÓGENO EN EL COLÁGENO ÓSEO, EN FUNCIÓN
DE TRAZADORES PALEODIETÉTICOS.

Jorge Fernández C. ()
Héctor O. Panarello (**)*

RESUMEN

Se presentan ocho fechados ^{14}C -AMS sobre colágeno de huesos craneanos sin alteración diagenética, provenientes de la cueva de Haichol, Neuquén, que serán discutidos con el propósito de adquirir conocimientos más precisos relativos a cronología, paleodieta, entorno paleoambiental del sitio y de sus ocupantes prehistóricos. Un primer grupo de fechados remonta al temprano Holoceno medio, abarca el rango de edades 6570 - 5850 años cal. AP (2 s) e incluye morfotipos humanos de notable interés paleoantropológico, del tipo físico "Paleoamericano" o "Láguido" y otros con rasgos comparables al tipo exhumado en Cerro Sota (Chile). El segundo grupo abarca el rango de edades 4530 - 930 años cal. AP (2 s) y, en acordancia con su amplitud temporal, muestra un contenido paleoantropológico complejo. En cuanto a los constituyentes isotópicos del colágeno, que tampoco han sufrido alteración postmortem, reflejan en ambos grupos una dieta basada en recursos continentales, si bien en el segundo (Holoceno medio y superior) se manifiesta sutilmente, a través de los valores $\delta^{13}\text{C}$, un leve incremento en la ingesta de proteína animal que podría indicar mayor énfasis en la caza de herbívoros (guanaco) respecto a la recolección de vegetales (piñones de Araucaria). Se considera probable que los valores enriquecidos en $\delta^{13}\text{C}$ comprobados por los análisis se deban a la menor capacidad del colágeno para la fijación de la signatura isotópica correspondiente a la ingesta de hidratos de carbono respecto a la de proteínas. Las concentraciones $\delta^{15}\text{N}$, bajas en ambos grupos, presentan diferencias que apuntan a cambios ambientales o fisiológicos antes que a variaciones en la composición de la paleodieta.

(*) CONICET. INAPL.

(**) INGEIS. CONICET.

ABSTRACT

Eight ^{14}C -AMS dates on human crania bones, not diagenetically altered are presented. They were found in the Haichol cave, Neuquén, Argentina. The results will be discussed in order to improve the knowledge about the chronology and the palaeodiet of its prehistorical occupants and the palaeoenvironmental conditions of the site. A first group of dates matches the middle early Holocene with ages between 6570 - 5850 calibrated years BP (2σ), including human morphotypes of noticeable interest i.e. from the physic type "Paleoamerican", and others similar to that exhumed at the Cerro Sota, Chile. The second group comprises ages of 4530 - 930 calibrated years BP (2σ) that in accordance with the time span, shows a complex palaeoanthropological content. The isotopic contents of collagen, that also do not evidence postmortem alteration, show for both groups a diet based on continental resources. The second group (middle and late Holocene) show a slightly increase in animal protein in its diet, as indicated by the higher $\delta^{13}\text{C}$ values. This may be the result of an increase in herbivore hunting (Lama guanicoe) in spite of the vegetable's gathering (Araucaria pinyon's). It is also probable that $\delta^{13}\text{C}$ enriched values are due to the fact that bone collagen record more poorly the isotopic signature corresponding to carbohydrate intake with respect to protein intake. $\delta^{15}\text{N}$ concentrations, low in both groups, show differences more easily due to environmental changes than to variations in the palaeodiet composition.

INTRODUCCIÓN

La excavación arqueológica de la cueva o *chenke* Haichol, región cordillerana central de la provincia del Neuquén (Fernández 1988-1990; mapa de ubicación, figura 1), permitió la recuperación de restos óseos humanos incompletos correspondientes a un número mínimo de 17 individuos.

La colección osteológica entonces formada incluye 7 cráneos de adultos, no deformados y con rasgos biotipológicos de acentuado interés paleoantropológico, circunstancia oportunamente destacada en su diagnosis por el especialista a cargo de su estudio (Marcellino 1988-1990; 1994). Se trata del tipo físico "Paleoamericano" (Láguido), entre otros morfotipos humanos ya desaparecidos tanto por extinción como por mestizaje. No se enfatizará sobre esta faceta del problema, aunque la presencia de poblaciones prehistóricas con características tales en la región cordillerana del Neuquén habrá de incitar alguna vez al replanteo del proceso de poblamiento humano del Extremo Sur del continente, punto para el que será esencial contar con su acotación cronológica exacta.

Aunque de la posición temporal de los restos se poseía información previa basada en fechados radiocarbónicos indirectos sobre espículas de carbón producto de la dispersión de fogones prehistóricos, en la oportunidad presente se consideró la posibilidad de practicar su datación directa mediante AMS [*Accelerator Mass Spectrometer* o acelerador lineal espectrómetro de masas] que, requiriendo apenas unos miligramos de muestra, redujo a un mínimo el menoscabo inferido a los restos craneanos. Tal interés se acrecentaba en el caso de por lo menos cuatro de ellos, de cuya antigüedad se tenían atendibles indicios, pudiera alcanzar o superar al Holoceno medio.

Complementariamente, sobre partes alícuotas de la muestra gaseosa utilizada para la datación radiocarbónica, se midieron las concentraciones de los isótopos estables del carbono y del nitrógeno para usarlos como trazadores paleodietéticos. Con idéntico propósito también se midieron las relaciones isotópicas del carbono en huesos de herbívoros y carnívoros modernos de la zona y en muestras de semillas y otros restos vegetales modernos que, sobre la base de otros indicadores, pudieron haber formado parte de la paleodieta investigada.

Cronología, recursos de subsistencia potenciales y estabilización de la paleodieta en cepas poblacionales temporalmente escalonadas y de constitución paleoantropológica variable, constituyen aspectos esenciales de los que se dará cuenta en este trabajo.

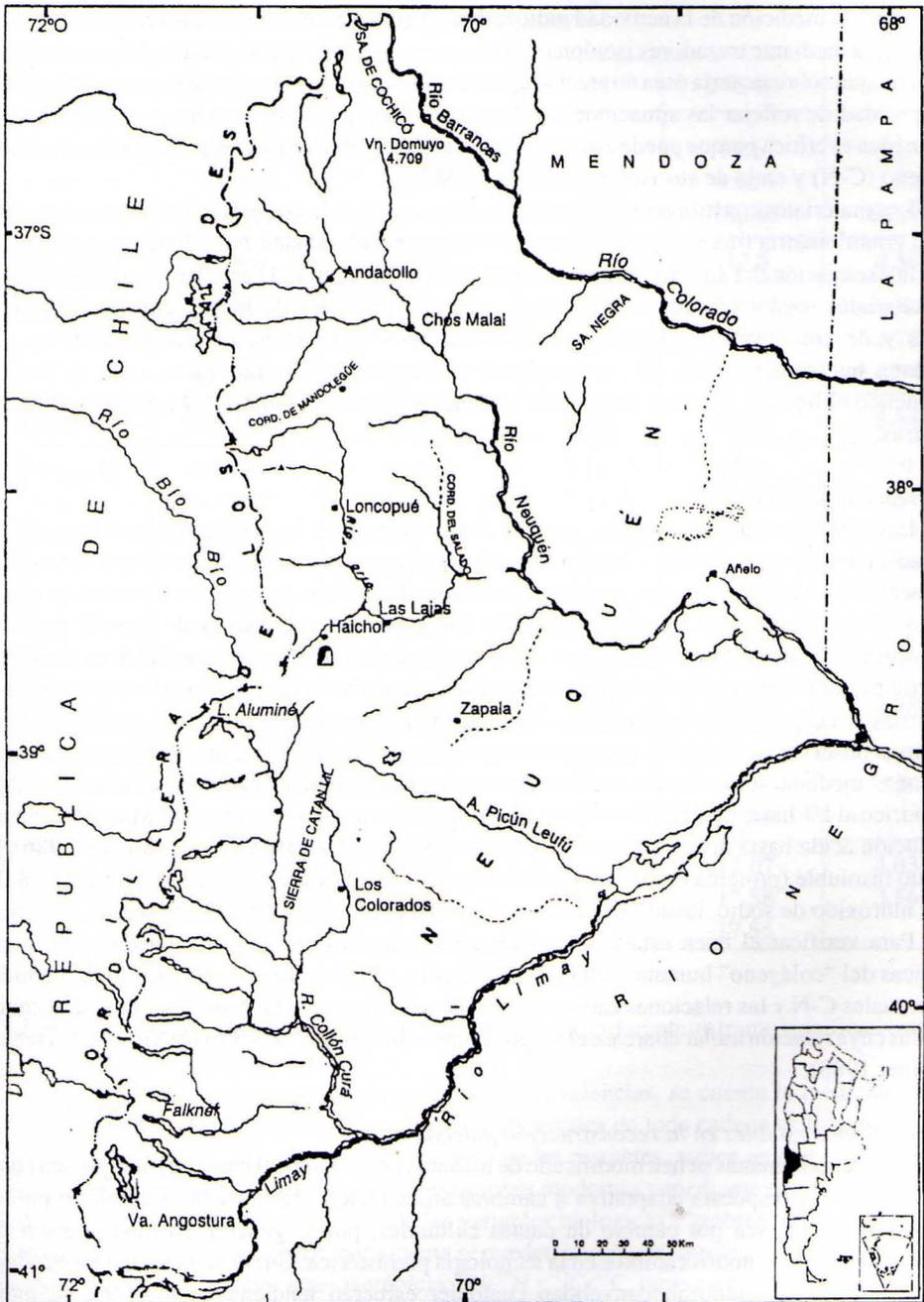


Figura 1. Ubicación de la cueva Haichol en la provincia del Neuquén.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tanto la medición de la actividad radiocarbónica remanente, como la calibración de la dieta prehistórica mediante trazadores isotópicos, descansan en el presupuesto básico de que una y otra se practicarán sobre materia ósea no afectada por diagénesis o que, por otra razón, tenga disminuida su capacidad de reflejar las situaciones biológicas por las que atravesara *in vivo*. La alteración diagenética es crítica porque puede estar acompañada por cambios en la composición elemental del colágeno (C-N) y en la de sus isótopos (DeNiro 1985).

Los materiales constituyentes del relleno sedimentario de la cueva Haichol se caracterizaron por su granulometría fina y sequedad extrema. Estas particularidades del sedimento, que dificultaron la excavación del ámbito cavernario, favorecieron en cambio la excelente conservación de los materiales orgánicos interstratificados, particularmente los de hueso, cuyas propiedades físicas y de composición no sufrieron modificaciones apreciables. La constatación de que diferentes huesos del mismo sitio arqueológico no han respondido del mismo modo al proceso diagenético obligó, no obstante, a extremar la atención durante el muestreo y preselección de las muestras.

a) *Obtención del colágeno*

Las muestras de hueso humano, ninguna de peso superior a 1 g, se extrajeron de los sectores externos, o internos accesibles y mecánicamente abordables, de los huesos de la base del cráneo. Se maceraron en agua destilada y limpiaron mediante ultrasonido, luego fueron secadas en estufa hasta peso constante. Las que por calcinación rindieron concentraciones de materia orgánica inferiores a 5 %, fueron rechazadas. Para la extracción de la proteína ósea insoluble en ácido, las superficies interna y externa de las muestras preseleccionadas se desgastaron por abrasión hasta reducir las a delgadas placas óseas de color levemente amarillento, límpido y traslúcido, que permitían observar en detalle la estructura mineral y orgánica del preparado. Fueron nuevamente limpiadas mediante ultrasonido, secadas y a continuación tratadas con una solución de ácido clorhídrico al 1% hasta descalcificación total, a temperatura ambiente y renovando periódicamente la solución ácida hasta disolución total de la fracción mineral (Sealy y van der Merwe 1986). El residuo insoluble (proteína ósea) fue lavado en agua destilada y luego embebido en solución 0,1 M de hidróxido de sodio, lavado repetidas veces hasta pH neutro y finalmente secado al vacío.

Para verificar el buen estado de preservación *post mortem* de las propiedades físicas y químicas del "colágeno" humano obtenido, en todas las muestras fueron medidos los contenidos porcentuales C-N y las relaciones carbono a nitrógeno C/N (Tabla 1), considerándose aceptables aquellas cuya relación molar abarcara el rango comprendido entre 2,9 y 3,6 (DeNiro 1985; DeNiro y Weiner 1988).

b) *Los isótopos estables en la reconstrucción paleodietética*

Las dietas humanas se han modificado de manera apreciable en el curso del tiempo, sea como resultado de una respuesta adaptativa a cambios ambientales, sea por colonización de nuevos nichos ecológicos, sea por cambio de pautas culturales; por lo general, su modificación fue acompañada por profundos cambios en la tecnología prehistórica. Circunstancias tan especiales y de tal significación cultural, convalidan cualquier esfuerzo tendiente al logro de su mejor conocimiento. En los sedimentos de la cueva Haichol se conservaron macro y microrrestos arqueológicos que, aún siendo confiables indicadores dietéticos, solamente pueden certificar la composición de la ingesta local. Sus ocupantes, sin ser agricultores, pudieron empero haber consumido amaranto y maíz producidos en otras fuentes, a los que habrían tenido acceso a través de mecanismos diversos. O, en el hipotético caso de haber practicado alguna clase de trashumancia, resultarles asequibles los recursos litorales de dos océanos, ninguno demasiado distante para sus desplazamientos. De manera que, a más de lo expresado por los indicadores de la dieta local, se

Tabla 1. Contenido porcentual de carbono y de nitrógeno, relación carbono/nitrógeno y valores isotópicos del carbono-13 y del nitrógeno-15 en el colágeno óseo de cráneos de la cueva Haichol, Neuquén.

Colágeno	Carbono %	Nitrógeno %	C/N	$\delta^{13}\text{C} \text{‰}$	$\delta^{15}\text{N} \text{‰}$
Cráneo 1 1	42,594	14,379	3,46	-18,67	5,24
	43,049	14,844	3,38	-18,54	5,23
	42,8215	14,6115	3,42	-18,605	5,235
Cráneo 2	41,368	14,962	3,23	-17,8	4,35
Cráneo 3 3	40,72	14,536	3,27	-17,82	4,9
	41,891	14,883	3,28	-17,77	4,78
	41,3055	14,7095	3,2	-17,795	4,84
Cráneo 4	39,218	10,739	4,26	-20,15	5,84
Cráneo 5 5 5 5 5 5	40,681	14,915	3,18	-17,99	3,9
	41,567	15,094	3,21	-17,99	3,54
	41,908	15,097	3,24	-17,8	4,24
	42,286	15,191	3,25	-17,96	3,98
	42,183	14,996	3,28	-17,44	3,08
	42,183	15,146	3,25	-17,57	3,14
	41,80133	15,0732	3,24	-17,792	3,6467
Cráneo 6	41,579	14,895	3,26	-17,93	4,98
7 Occipital 58	37,67	13,89	3,12	-17,31	4,4
	36,52	13,17		17,3	5,0
				17,38	
8 Frontal 35	40,69	16,26		-17,07	4,03
	40,82	15,55	3,00	-17,58	3,56
				-17,55	

podría esperar alguna forma de acceso a ingesta complementaria durante un tramo significativamente prolongado del período de vida.

Entre las técnicas capaces de proporcionar tales evidencias, se cuenta la medición de los fraccionamientos isotópicos producidos en sucesivos niveles de toda cadena trófica, moderna o prehistórica. La ventaja de su aplicación, respecto de las restantes, radica en que sus resultados pueden ser ponderados y calibrados en ambientaciones modernas y mediante experimentación de laboratorio, enfrentando situaciones donde las variables biológicas y ambientales son conocidas y contrastables y en las que experimentalmente se pueden introducir cambios. Aquí enfatizaremos respecto al empleo de las relaciones isotópicas $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ y $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, cuyo campo de aplicación como trazadores dietéticos es hoy confiable, amplio, económicamente accesible y que en otros ámbitos se usan casi rutinariamente.

Los isótopos del carbono y del nitrógeno se relacionan con aspectos dietéticos de seres humanos y animales, en cuyos tejidos se conservan manteniendo determinadas relaciones isotópicas expresadas como $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$. Procesos bioquímicos como la asimilación, la respiración, la fotosíntesis, provocan cambios en la concentración de los isótopos actuantes en el sistema. Tales cambios, que se incorporan a los tejidos indeleblemente, se denominan

fraccionamientos isotópicos y, en condiciones favorables, pueden medirse sobre los respectivos gases purificados utilizando un espectrómetro de masas, por comparación con un patrón (Panarello 1987). La diferencia entre la muestra investigada y el patrón indica el contenido relativo del isótopo considerado en la primera, lo cual se expresa como valores $\delta^{13}\text{C}$ o $\delta^{15}\text{N}$ en partes por mil (‰) ¹.

La aplicabilidad de estos principios al campo de la arqueología ha sido demostrada por autores que han desarrollado y perfeccionado el método y explicado su fundamento teórico (van der Merwe 1982; Chisholm *et al.* 1983; Schoeninger y DeNiro 1984; Schwarcz *et al.* 1985; Sealy 1989; DeNiro 1987). Un resumen provisional de las aplicaciones arqueológicas de los isótopos estables ha sido presentado por Schwarcz y Schoeninger (1991). Sillen *et al.* (1989), por su parte, han formulado reparos a su empleo acrítico e indicado renovaciones conceptuales y metodológicas. Por la nuestra, ya anteriormente hemos ensayado su aplicación a diversas situaciones y problemas de la arqueología local (Fernández y Panarello 1991; Fernández *et al.* 1991; Fernández 1994; Fernández y Panarello 1994; Fernández *et al.* 1999; Fernández y Panarello 2000; Panarello y Fernández 2000).

c) *Los isótopos del carbono en plantas terrestres*

Durante la fotosíntesis, las plantas toman el dióxido de carbono (CO_2) del reservorio atmosférico y lo fijan en el tejido foliar introduciendo un primer fraccionamiento, cuyo monto varía de acuerdo al camino fotosintético que ellas adoptan. Un grupo mayor de plantas pertenecientes al ecosistema terrestre, las que siguen el camino fotosintético C_3 o de Calvin-Benson ², se caracteriza por su bajo contenido en el isótopo más pesado. El CO_2 atmosférico ($\delta^{13}\text{C} \cong -7\text{‰}$) inicialmente es fijado en su tejido foliar con valores $\delta^{13}\text{C}$ comprendidos entre -33 y -22, promediando -27‰ (van der Merwe 1982; DeNiro 1987).

Un segundo grupo de plantas, menos numeroso que el anterior, sigue el camino fotosintético de Hatch-Slack (o de tipo C_4) ², cuyos valores $\delta^{13}\text{C}$ varían de -16 a -9, promediando -12,5‰. Un grupo todavía menor de plantas, finalmente, sigue un tercer camino fotosintético, el llamado metabolismo ácido crasuláceo (abreviado MAC), en el que los valores $\delta^{13}\text{C}$ se asemejan al de las plantas C_3 o al de las C_4 . Se conocen otros tipos de fotosíntesis, pero se relacionan con plantas inexistentes en el área o desprovistas de valor dietético.

La distribución de las plantas según el camino fotosintético adoptado no es homogénea. Cada tipo se relaciona con ambientes ecológicos definidos, cuyas características han sido estudiadas y que en muchas regiones del globo no son coincidentes. Las plantas del tipo C_3 constituyen la totalidad de las especies arbóreas, de los arbustos y, en los ambientes templados, de un gran número de monocotiledóneas que prefieren hábitats fríos, húmedos y penumbrosos. La cobertura vegetal aledeña a la cueva Haichol se inscribe, en su totalidad, en el grupo de plantas C_3 .

Las plantas C_4 son más eficientes en ambientes cálidos, con fuertes condiciones de sequía e intensa luz solar. En algunas regiones constituyen una parte importante de los pastizales, comprendiendo plantas de gran valor para la nutrición humana, como el maíz, el amaranto, la caña de azúcar y el sorgo. Estas plantas no existieron en Haichol, pero su influencia podría llegar a reflejarse en el colágeno de individuos consumidores de maíz en otras fuentes o que de alguna otra forma hayan tenido acceso a él. Ciertos microambientes arenosos o con suelos salobres de las travesías neuquinas son colonizados por monocotiledóneas C_4 que comunican su signatura isotópica a los tejidos de herbívoros que las consumen y, en un tercer nivel trófico, a los del hombre que subsista de su caza.

Finalmente, las plantas pertenecientes al tipo MAC comprenden los cactus, en las ambientaciones áridas y a las orquídeas, en las florestas tropicales húmedas (DeNiro 1987). En la región de nuestro estudio, el grupo de plantas MAC no involucra para el hombre recursos alimentarios significativos, pero debe tenerse presente la propensión del choique (*Pterocnemia pennata*) a alimentarse estacionalmente con los frutos del chupasangre (*Maihuenia sp.*) y de otras cactáceas que fotosintetizan según C_4 (Panarello y Fernández 1999 y observaciones inéditas del

último). Tomando en consideración la importancia que hasta hace apenas un siglo tuviera el choque en la alimentación, en todos los tejidos humanos provenientes de su hábitat debiera preverse un lejano reflejo isotópico indirecto proveniente de plantas MAC.

El valor $\delta^{13}\text{C}$ de las plantas se transfiere a los herbívoros por la asimilación y es fijado en el organismo animal introduciendo un nuevo fraccionamiento (enriquecimiento) cuyo monto en el colágeno óseo se estima en 5,1 - 5,3%. Así, los valores $\delta^{13}\text{C}$ del colágeno reflejan la composición isotópica de las dietas respectivas (Bender *et al.* 1981; Burleigh y Brothwell, 1978; DeNiro y Epstein 1978, 1981; Chisholm *et al.* 1982; Schoeninger y Moore 1992; Schwarcz y Schoeninger 1991).

Como ejemplo general, el colágeno de todo herbívoro perteneciente a la cadena dietética de tipo C_3 (que promedia -27‰) tendrá un valor $\delta^{13}\text{C}$ próximo a -22‰ al haberse producido un enriquecimiento de 5‰ respecto a su dieta, mientras que el carnívoro que se alimente de su carne fijará en su colágeno un valor $\delta^{13}\text{C}$ aproximado de -20‰, valor que representa un nuevo enriquecimiento de aproximadamente 2‰³ (van der Merwe 1986). Este es el cuadro que más se aproxima al vigente en Haichol en tiempos prehistóricos, sólo que el valor $\delta^{13}\text{C}$ promedio de la vegetación de tipo C_3 de sus alrededores se estima en -26‰.

En el caso de herbívoros dependientes de plantas C_4 , su colágeno adquiere valores que se aproximan al valor $\delta^{13}\text{C}$ promedio de -12,5‰ indicado para ellas. Obviamente, es frecuente que los herbívoros adopten dietas mixtas, que entonces se reflejarán proporcionalmente en los valores $\delta^{13}\text{C}$ del colágeno. Así, suponiendo que un herbívoro haya tenido una dieta constituida por 50% de plantas del tipo C_3 y 50% de plantas del tipo C_4 , el valor $\delta^{13}\text{C}$ de su colágeno sería de \approx -14,7‰. En los tres ejemplos el fraccionamiento isotópico (factor de enriquecimiento) ha sido de 5,1-5,3 ‰.

Todas estas constataciones y experiencias sobre materiales modernos, verificadas y contrastadas en el laboratorio y, en muchas ocasiones, bajo condiciones de dieta controlada, han permitido establecer que la medición del valor $\delta^{13}\text{C}$ en la fracción orgánica del tejido óseo arqueológico posibilita estimar la composición de la dieta prehistórica. Debe mencionarse, no obstante, que otros estudios sugieren que la apatita ósea sea un material aún más apropiado que el colágeno para la traza de la dieta total (Krueger y Sullivan, 1984; Krueger 1991; Lee - Thorp *et al.* 1989), ya que los valores $\delta^{13}\text{C}$ medidos en éste tienden a reflejar preferencialmente sus componentes proteicos.

d) Isótopos del nitrógeno en plantas terrestres

Los isótopos del nitrógeno dividen a las plantas terrestres en dos grupos: las que fijan N_2 atmosférico mediante nódulos bacterianos localizados simbióticamente en sus raíces, como las leguminosas, y aquellas que únicamente toman N del suelo, en el que se halla contenido en la forma de nitratos y nitritos (Virginia y Delwiche, 1982), como es el caso de las plantas no leguminosas. Más que un fraccionamiento, la división refleja formas distintas de obtener N (DeNiro 1987).

El valor $\delta^{15}\text{N}$ de las legumbres promedia 0‰, mientras que otras plantas tienen promedio más alto (Schoeninger y DeNiro 1984). Como los diferentes tipos de alimento tienen distinto $\delta^{15}\text{N}$ y esos valores se transfieren a los tejidos de los animales que se alimentan de ellos, es posible usar las razones isotópicas $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ del colágeno óseo de poblaciones humanas prehistóricas para reconstruir aspectos relacionados con su dieta, diferenciando básicamente entre consumidoras y no consumidoras de legumbres. Entre éstas últimas, el contenido $\delta^{15}\text{N}$ en el colágeno alcanza a +8,0‰ en las de alimentación continental y asciende a valores crecientes (+18,0‰) en las de régimen alimentario francamente marino.

El primer uso arqueológico de los isótopos del nitrógeno se practicó en regiones donde el consumo prehistórico de legumbres, como el poroto o la lenteja, fue de importancia cultural (DeNiro y Epstein, 1981; Farnsworth *et al.* 1985; Schwarcz *et al.* 1985), pero en seguida fueron usados en casos en que se buscaba diferenciar los componentes marinos y terrestres de las dietas prehistóricas (Schoeninger *et al.* 1983; Chisholm *et al.* 1982, 1983; Yesner *et al.* 1991; Sealy 1997), aspecto básico para la arqueología, pero que no se pormenoriza por no tener conexión con nuestro objetivo inmediato.

En algunos ecosistemas terrestres, el empleo de los isótopos estables del nitrógeno está sujeto a limitaciones, ya que en sus concentraciones en el colágeno pueden influir factores no dietéticos. Estudios recientes (Ambrose y DeNiro, 1989; Heaton *et al.* 1986; Sealy y Pfeiffer 2000) demuestran que la variación de sus valores no sólo son influenciados por la dieta, sino también por el clima, la fisiología animal y variaciones en el microhábitat. Esta dificultad faculta a los isótopos estables del nitrógeno para actuar como indicadores paleoambientales y paleoclimáticos. De manera sucinta, los valores $\delta^{15}\text{N}$ más bajos se encuentran en florestas húmedas y frías, mientras que los más altos se asocian a suelos salinos y ambientes áridos o cercanos al mar donde captan el flujo de nitratos marinos (Heaton *et al.* 1986).

e) Dataciones ^{14}C -AMS y su calibración

Las dataciones ^{14}C -AMS se obtuvieron en ISOTRACE Laboratory, The Canadian Center for Accelerator Mass Spectrometry at the University of Toronto, Ontario, Canadá. Los análisis C/N, $\delta^{15}\text{N}\%$ y $\delta^{13}\text{C}\%$ en las muestras de residuo óseo insoluble humano ("colágeno") se practicaron en el Environmental Isotope Laboratory, Department of Earth Sciences, University of Waterloo, Canadá. Detalles de las técnicas aplicadas, expectativas de error y demás características técnicas y analíticas de los procesamientos han sido oportunamente dadas a conocer por los laboratorios respectivos.

Para la conversión de edades ^{14}C -AMS a edades calibradas se utilizó el programa de computación OXCAL desarrollado por Bronk Ramsey (1995, 1998), adecuado al Hemisferio Sud. La adecuación a que se alude procura corregir el efecto reservorio que "envejece" a las edades ^{14}C de nuestro Hemisferio y consiste en la sustracción de una determinada cantidad de años a la edad radiocarbónica de base. En versiones anteriores del Programa CALIB 3.0.3 (Stuiver y Reimer 1993) la sustracción en cada una de las edades radiocarbónicas de base era de 40 años ^{14}C . Actualmente, el valor exacto del efecto reservorio sudhemisférico está siendo investigado (Stuiver *et al.* 1998) sin que se haya arribado a una conclusión definitiva. El Programa OXCAL aplica un *offset* de 24 ± 3 años ^{14}C , que es el calculado para el Sur de Chile, Tasmania y Nueva Zelandia en base a mediciones sobre maderas del siglo XIX, que provisoriamente es el que se adopta también en nuestro trabajo.

Los resultados de la calibración se expresarán con dos desviaciones estándar (2σ) en años calibrados AP (abreviado: a. cal. AP). Esto representa la probabilidad de alrededor de 95% de que la edad verdadera de la muestra se encuentre en el intervalo de tiempo indicado⁴. No obstante, en las tablas 3-A y 3-B las edades cal. se expresan también con una desviación estándar (1σ) y, en los casos que parecieran requerirlo, se reproducen los gráficos de calibración que ilustran claramente las intersecciones respectivas.

RESULTADOS

Los resultados analíticos del contenido de carbono y nitrógeno, las relaciones carbono/nitrógeno y los valores isotópicos del carbono-13 y del nitrógeno-15 en el colágeno óseo de los cráneos de la cueva Haichol, Neuquén, se reproducen en la Tabla 1. Los números de identificación del Laboratorio, valores $\delta^{13}\text{C}$ y edades ^{14}C -AMS de las muestras analizadas han sido volcados en la Tabla 2. La posición cronológica relativa de las ocho muestras en el programa de calibración OXCAL se muestran en el Gráfico 1. La Tabla 3-A y la Tabla 3-B, respectivamente, presentan los grupos de edades A y B que se definirán, expresando sus edades calibradas con 1σ y 2σ y confrontándolas con los datos analíticos $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Estas últimas tablas procuran presentar un panorama sinóptico de las edades calibradas *versus* la concentración de los isótopos ambientales en las muestras respectivas. A continuación se detalla la aplicación de los resultados antedichos a cada uno de los restos humanos que constituyen la muestra paleoantropológica investigada,

Tabla 2. Identificaciones de Laboratorio, valores $\delta^{13}\text{C}$ y edades ^{14}C -AMS de las muestras analizadas.

Colágeno	Waterloo	$\delta^{13}\text{C} \text{‰}$	Isotraxe	PMC	Edad, años ^{14}C A. P.
Cráneo 1	111691	-19,44	TO-8524	89,56 ± 0,73	890 ± 70
Cráneo 2	111692	-18,35	TO-8525	76,33 ± 0,67	2170 ± 70
Cráneo 3	111693	-17,86	TO-8526	50,99 ± 0,82	5410 ± 130
Cráneo 4	111694	-18,84	TO-8527	69,48 ± 0,90	2920 ± 100
Cráneo 5	111695	-18,25	TO-8528	51,02 ± 0,68	5410 ± 110
Cráneo 6	111696	-17,99	TO-8529	61,32 ± 0,52	3930 ± 70
7 Occipital 58	9543	-17,3	TO-8989	50,59 ± 0,39	5470 ± 60
8 Frontal 35	9544	-17,0	TO-8990	49,49 ± 0,46	5650 ± 70

Tabla 3-A. Grupo de edades A. Edades calibradas (1 σ y 2 σ), $\delta^{13}\text{C} \text{‰}$ y $\delta^{15}\text{N} \text{‰}$.

Muestra	Edad, a. cal. A.P. (1 σ)	Edad, a. cal. A.P. (2 σ)	$\delta^{13}\text{C} \text{‰}$	$\delta^{15}\text{N} \text{‰}$
3-TO-8526	6300 (68,2%) 5990	6450 (95,4%) 5850	-17,8	4,8
5-TO-8528	6290 (68,2%) 5990	6410 (95,4%) 5920	-17,8	3,6
7-TO-8989	6310 (68,2%) 6170	6350 (95,4%) 6160	-17,5	3,5
8-TO-8990	6480 (68,2%) 6300	6570 (93,5%) 6280	-17,3	5,0
Promedio $\delta^{13}\text{C} = -17,6 \text{‰}$; Promedio $\delta^{15}\text{N} = 4,2 \text{‰}$				

Tabla 3-B. Grupo de edades B. Edades calibradas (1 σ y 2 σ), $\delta^{13}\text{C} \text{‰}$ y $\delta^{15}\text{N} \text{‰}$.

Muestra	Edad, a. cal. A.P. (1 σ)	Edad, a. cal. A.P. (2 σ)	$\delta^{13}\text{C} \text{‰}$	$\delta^{15}\text{N} \text{‰}$
1-TO-8524	800 (41,2%) 700	930 (95,4%) 670	-18,6	+5,2
2-TO-8525	2190 (44,8%) 2040	2340 (95,4%) 1950	-17,8	+4,3
4-TO-8527	3170 (64,1%) 2880	3350 (95,4%) 2750	-20,1	+5,8
6-TO-8529	4420 (65,2%) 4230	4530 (93,7%) 4140	-18,0	+5,0
Promedio $\delta^{13}\text{C} = -18,6 \text{‰}$; Promedio $\delta^{15}\text{N} = 5,0 \text{‰}$				

reproducida en las figuras 2-A a 7-A con una reducción del 33%, aproximadamente, respecto del original.

Serie morfotipológica Platistegoides onensis, con aproximación al Ooides fueginus. Serie integrada por los cráneos 1, 2, 4.

Cráneo 1

Calvarium, masculino, adulto, Figura 2-A. Asignación morfotipológica: *Platistegoides onensis* (Marcellino 1988-1990; 1994).

Edad ^{14}C -AMS: 890 ± 70 años AP (TO-8524)

Edad calibrada: 800 (95,4%) 700 años cal. AP; (ver tb. Tabla 3-A)

Concentración de los isótopos estables indicadores de paleodieta: $\text{d}13\text{C}$: $-18,6\text{‰}$; $\delta^{15}\text{N}$: $+5,2\text{‰}$.

Cráneo 2

Calvarium, masculino, adulto. Figura 3-A. Asignación morfotipológica: *Platistegoides onensis* (Marcellino 1988-1990; 1994).

Edad ^{14}C -AMS: 2170 ± 70 años AP (TO-8525)

Edad calibrada: 2340 (95,4%) 1950 años cal. AP (ver tb. Tabla 3-A y Gráfico 2).

Concentración de isótopos estables indicadores de paleodieta: $\text{d}13\text{C}$: $-17,8\text{‰}$; $\delta^{15}\text{N}$: $+4,3\text{‰}$.

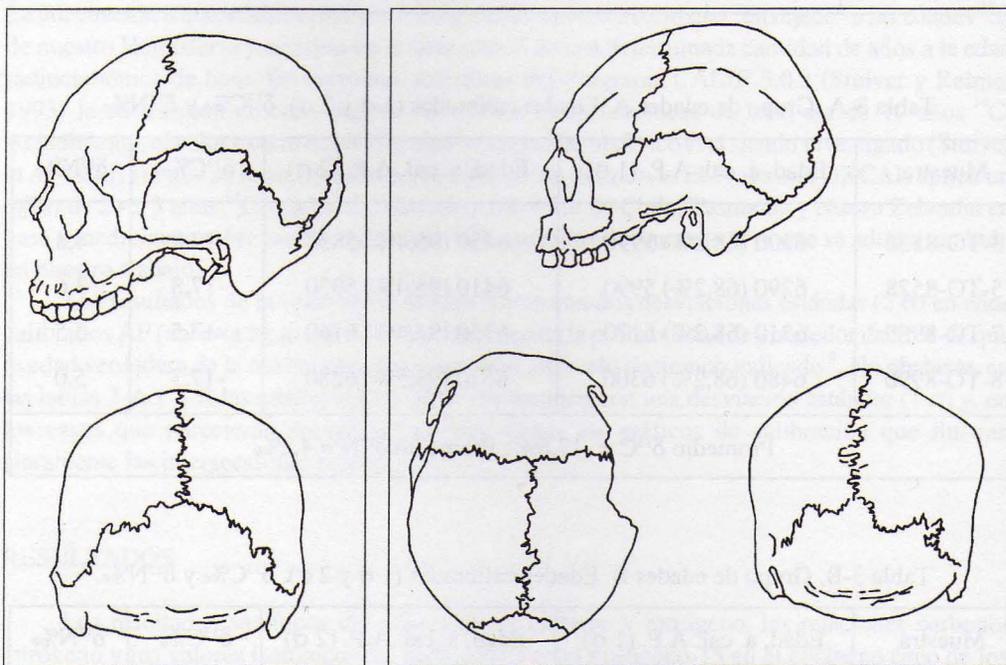


Figura 2-A. Cráneo 1

Figura 3-A. Cráneo 2

Cráneo 4

Calvarium, masculino, adulto. Figura 4-A. Asignación morfotipológica: *Platistegoides onensis*. Sus rasgos de conformación presentan coincidencias con cráneos masculinos exhumados en Cerro Sota, Chile (Marcellino 1988-1990; 1994).

Edad ^{14}C -AMS: 2920 ± 100 años AP (TO-8527)

Edad calibrada: 3350 (95,4%) 2750 años cal. AP (ver tb. Tabla 3-A).

Concentración de isótopos estables indicadores de paleodieta: $\text{d}13\text{C}$: $-20,15\text{‰}$; $\delta^{15}\text{N}$: $+5,8\text{‰}$.

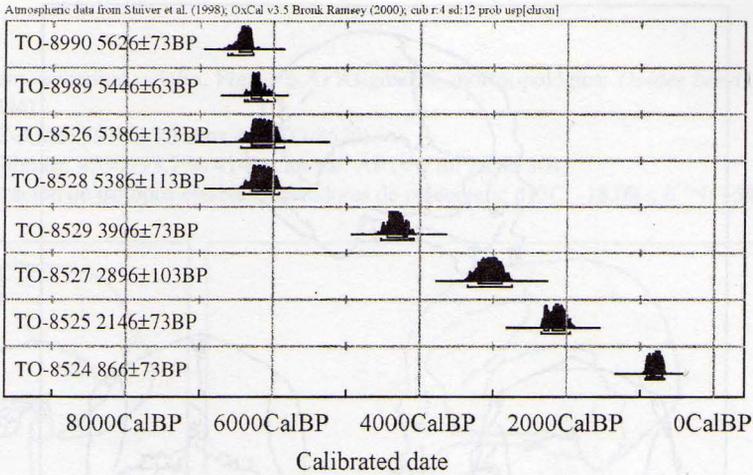


Gráfico 1: Posición cronológica relativa de los restos humanos de Haichol en el programa de calibración OXCAL (Bronk Ramsey 1995, 1998) para la conversión de las edades ¹⁴C-AMS en edades calibradas.

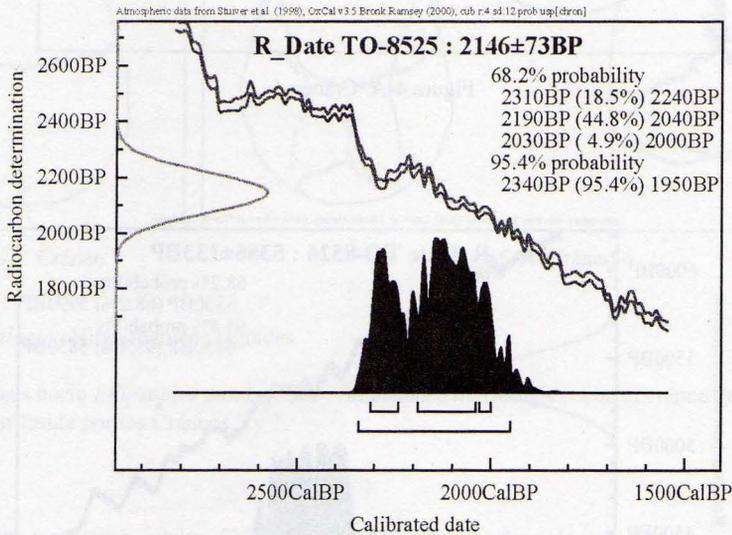


Gráfico 2. TO-8525, su ubicación en la curva de calibración OXCAL. Cráneo 2, *Platistegoides onensis*.

Serie morfológica Ooides brevis (Cráneos 3 y 6)

Cráneo 3

Cranium, femenino, adulto. Figura 5-A. Asignación morfológica: *Ooides brevis*. Presenta rasgos de conformación coincidentes con cráneos femeninos de Cerro Sota (Chile) (Marcellino 1988-1990; 1994).

Edad ¹⁴C-AMS: 5410 ± 130 años AP (TO-8526)

Edad calibrada: 6450 (95,4%) 5850 años cal. AP (ver tb. Tabla 3-B y Gráfico 3).

Concentración de isótopos estables indicadores de paleodieta: d13C: -17,8‰; δ¹⁵N: +4,8‰.

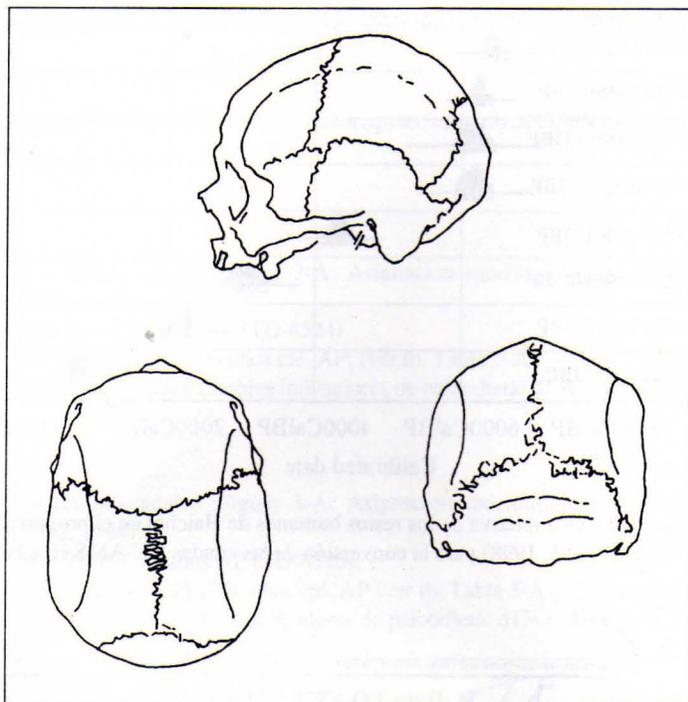


Figura 4-A. Cráneo 4

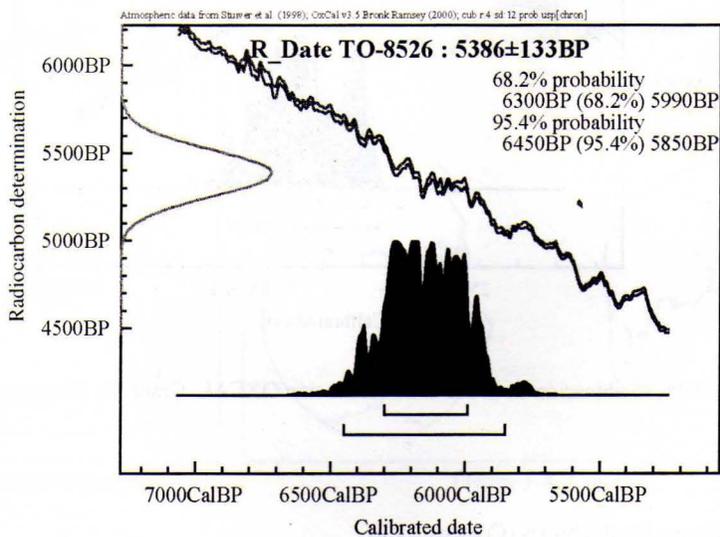


Gráfico 3. TO-8526, su ubicación en la curva de calibración OXCAL. Cráneo 3, *Ooides brevis*, femenino.

Cráneo 6

Calvarium, femenino, adulto, Figura 6-A. Asignación morfotipológica: *Ooides brevis* (Marcellino 1988-1990; 1994).

Edad ^{14}C -AMS: 3930 ± 70 años AP (TO-8529)

Edad calibrada: 4530 (93,7%) 4140 años cal. AP (ver tb. Tabla 3-B)

Concentración de isótopos estables indicadores de paleodieta: $\text{d}13\text{C}$: $-18,0\text{‰}$; $\delta^{15}\text{N}$: $+5\text{‰}$.

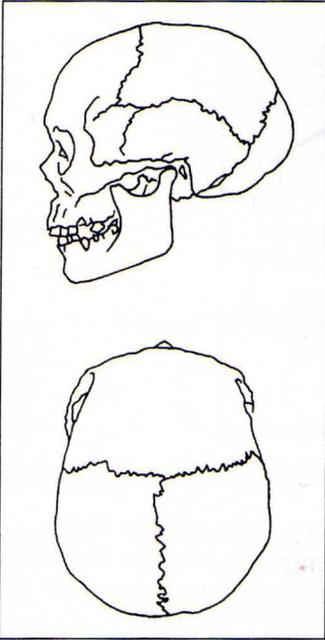


Figura 5-A. Cráneo 3

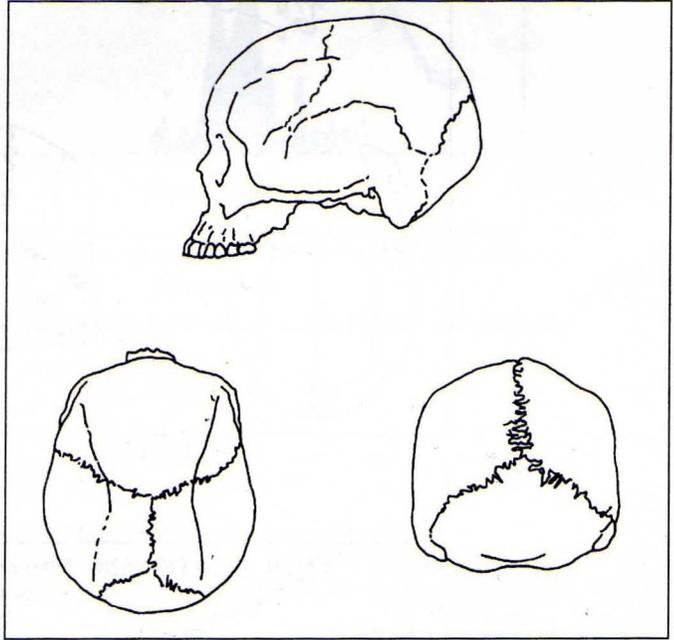


Figura 6-A. Cráneo 6

Serie morfotipológica Hipsistegoides lagoides

(Con rasgos hacia *Ellipsoides patagonicus*). Similitudes morfológicas con el cráneo de Mata Molle. Serie constituida por los Cráneos 5 y 7.

Cráneo 5

Calvarium, masculino, adulto. Figura 7-A. Asignación morfotipológica: *Hipsistegoides lagoides* (Marcellino 1988-1990; 1994).

Edad ^{14}C -AMS: 5410 ± 110 años AP (TO-8528)

Edad calibrada: 6410 (95,4%) 5920 años cal. AP (ver tb. Tabla 3-B y Gráfico 4)

Concentración de isótopos estables indicadores de paleodieta: $\text{d}13\text{C}$: $-17,8$; $\delta^{15}\text{N}$: $+3,6$

Cráneo 7

Prototipo del morfotipo láguido.

Calvaria, femenino?, adulto joven. Asignación morfotipológica: *Hipsistegoides lagoides*. Por su precario estado de conservación, no participa en esta evaluación.

Serie huesos craneanos sueltos

Se consideran aquí dos huesos craneanos en perfecto estado de conservación que, por sus características, garantizan su pertenencia a individuos diferentes.

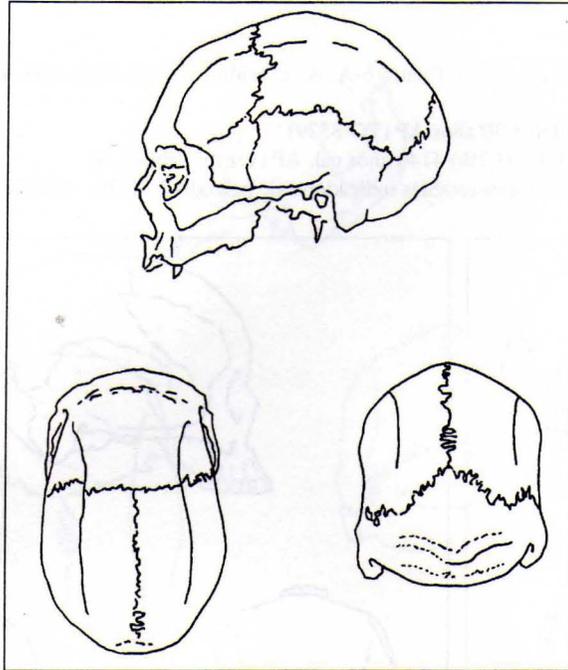


Figura 7-A. Cráneo 5

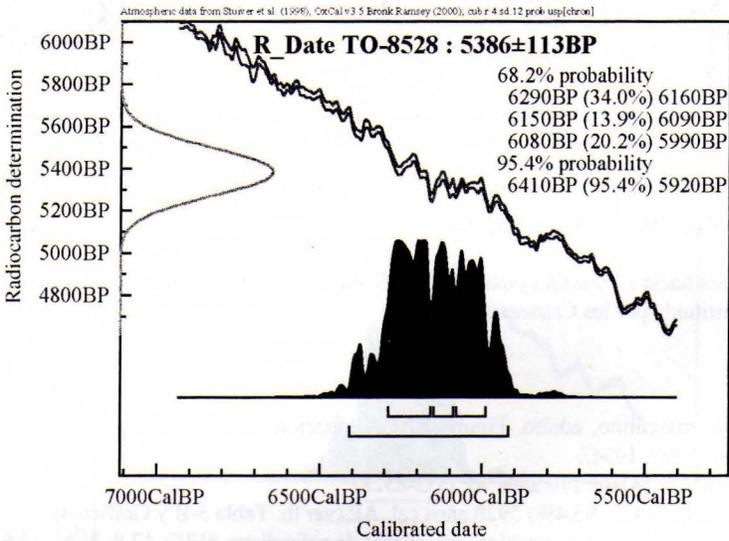


Gráfico 4. TO-8528, su ubicación en la curva de calibración OXCAL. Cráneo 5, *Hipsistegoides lagoides*.

a) Fragmento de escama de occipital N° 58, lado derecho, adulto.

Edad ¹⁴C-AMS: 5470 ± 60 años AP (TO-8989)

Edad calibrada: 6400 (95,4%) 5993 años cal. AP (ver tb. Tabla 3-A y Gráfico 5).

Concentración de isótopos estables indicadores de paleodieta: δ¹³C: -17,5‰; δ¹⁵N: +3,5‰.

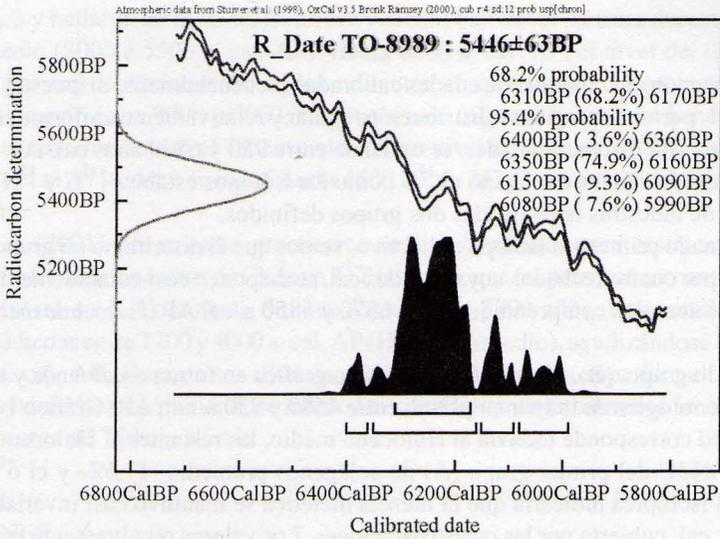


Gráfico 5. TO-8889, su ubicación en la curva de calibración OXCAL. Occipital 58.

b) Fragmento de Frontal N° 35, infantil.

Edad ¹⁴C-AMS: 5650 ± 70 años AP (TO-8990)

Edad calibrada: 6570 (93,5%) 6280 años cal. A.P (ver tb. Tabla 3-A y Gráfico 6).

Concentración de isótopos estables indicadores de paleodieta: δ¹³C: -17,3‰; δ¹⁵N: +5,0‰.

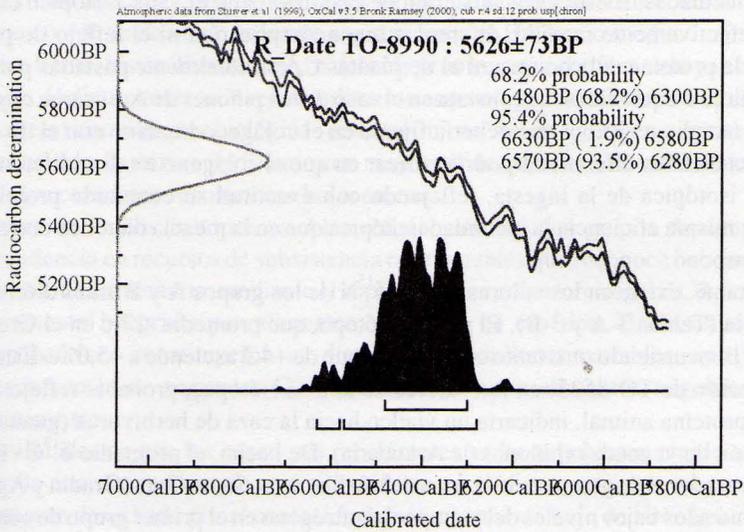


Gráfico 6. TO-8890, su ubicación en la curva de calibración OXCAL. Frontal 35.

DISCUSIÓN

La observación del conjunto de edades calibradas secuencialmente dispuestas en el Gráfico totalizador N° 1, permite apreciar su distribución regular y relativamente uniforme sobre un tramo cronológico que, con discontinuidades, se extiende entre 930 y 6570 años cal. AP.

Otra comprobación es que, tanto el ^{14}C como los isótopos estables (^{13}C y ^{15}N), diferencian en el conjunto de muestras investigadas dos grupos definidos.

Considerando primero al isótopo radiactivo, vemos que él discrimina un grupo más antiguo (A), integrado por cuatro fechados cuyas edades cal. se disponen casi coincidentemente sobre un eje que abarca intervalos comprendidos entre 6570 y 5850 a. cal AP (Holoceno medio; Gráfico 1 y Tabla 3-A).

El segundo grupo, (B), dispuesto en el mismo gráfico en forma escalonada y regular, cubre un intervalo cronológico de mayor amplitud, entre 4500 y 930 a. cal. AP (Gráfico 1 y Tabla 3-B). La primera edad corresponde todavía al Holoceno medio, las restantes al Holoceno superior.

El valor $\delta^{13}\text{C}$ del primer grupo (A) de colágenos promedia $-17,6\text{‰}$ y el $\delta^{15}\text{N}$ $4,2\text{‰}$. Su homogeneidad isotópica indicaría que la mezcla dietética se mantuvo casi invariable durante el lapso de 500 a. cal. cubierto por las cuatro dataciones. Los valores relativamente enriquecidos en ^{13}C , que ratifican mediciones anteriormente obtenidas en el sitio (Fernández y Panarello 1988-1990), igualmente centradas en valores $\delta^{13}\text{C}$ cercanos a $-17,0\text{‰}$ y también comprobados en otras zonas del Neuquén, representan una anomalía que no es de fácil explicación.

El flujo de ^{13}C al colágeno humano admite, en la localidad, dos posibilidades: 1) que se haya originado en una dieta basada en la ingesta de carne de herbívoro o, 2) que en la dieta hayan predominado productos vegetales de gran importancia local y regional, como ha sido y es el caso del piñón de Araucaria, que contiene 35 g% de almidón.

En el primer caso, admitiendo para el pastizal de *Poa sp.*, *Festuca sp.* y *Stipa sp.* un valor $\delta^{13}\text{C}$ promedio de $-26,0\text{‰}$, que pasaría al escalón trófico de los herbívoros con un valor de $-21,7\text{‰}$ (tras un enriquecimiento de 5.1-5.3 %), deberíamos medir en el colágeno del consumidor humano (tras un segundo enriquecimiento de 2%) un valor de $-19,7\text{‰}$ y no de $-17,0\text{‰}$ como promedian las mediciones efectuadas. Existe pues, un déficit de casi -3‰ entre el valor isotópico estimado de la ingesta y el efectivamente medido, diferencia que no explicarían ni el reflejo de plantas CAM aportado por la proteína del choique, ni el de plantas C_4 eventualmente pastadas por el guanaco. Una diferencia casi equivalente se constata en el caso de los piñones de Araucaria, cuyo valor $\delta^{13}\text{C}$ alcanza en promedio a $-23,6$ y que debería fijarse en el colágeno humano con el de $-18,3\text{‰}$.

La causa de tales diferencias podría radicar en que el colágeno totaliza diferencialmente la composición isotópica de la ingesta, reflejando con exactitud su contenido proteico, pero sin retener con la misma eficiencia la identidad isotópica que en la mezcla dietética corresponde a los hidratos de carbono.

No obstante, existe en los valores $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de los grupos A y B antes diferenciados una sutil diferencia (Tablas 3-A y 3-B). El primer isótopo, que promedia $-17,6$ en el Grupo A, baja a $-18,6\text{‰}$ en el B, ocurriendo otro tanto con el $\delta^{15}\text{N}$, que de $+4,2$ asciende a $+5,0\text{‰}$. Este incremento (con la excepción de TO-8525) en los valores de ambos isótopos, probable reflejo de un mayor consumo de proteína animal, indicaría un vuelco hacia la caza de herbívoros (guanaco) respecto a la recolección de vegetales (piñones de Araucaria). De hecho, el promedio $\delta^{13}\text{C}$ $-18,6$ coincide con el de los cazadores de guanaco de la zona del río Pinturas, Santa Cruz (Gradin y Aguerre 1994).

En cuanto a los bajos niveles del isótopo del nitrógeno en el primer grupo de edades, podrían tener conexión con la fisiología animal y humana o con cambios climáticos pronunciados, como los que en épocas coincidentes tuvieron lugar en dos zonas particularmente sensitivas del Continente y que por su proximidad y coincidencia temporal no pueden dejar de mencionarse en este trabajo.

Baker *et al.* (2001) estudiaron los indicadores *proxy* de un núcleo de sedimentos del fondo

del lago Titicaca y hallaron un máximo de aridez y el más bajo nivel lacustre durante el Holoceno temprano y medio (8000 a 5500 a. cal. AP). Hacia 8000 a. cal. AP, el nivel del lago descendió abruptamente por las condiciones de aridez reinantes en el Altiplano. Una reversión de esta tendencia seca ocurrió entre 7000 y 6000, a lo que siguió un período extremadamente seco entre 6000 y 5000, en cuyo transcurso el Titicaca alcanzó su nivel mínimo en 25.000 años de registro. El incremento del nivel lacustre se inició hacia 4500 a. cal. AP y, con interrupciones, se mantiene hasta el presente.

Lamy *et al.* (2001), por su parte, practicaron análisis detallados en un testigo de sedimentos del fondo marino frente a las costas de Chile en 41° latitud S. que les permitió reconstruir la historia del régimen pluvial en el Continente durante los últimos 7700 años. Las condiciones fueron escasamente húmedas entre 7700 y 4000 a. cal. AP (Holoceno medio), agudizándose la sequía entre 6000 y 5300 a. cal. AP. Durante los últimos 4000 años (Holoceno superior) el clima fue, en promedio, más húmedo, interponiéndose intervalos seculares menos húmedos en 3400, 2500, de 1900 a 1600 y cerca de 750 a. cal. AP.

CONCLUSIONES

De la cronología radiocarbónica sobre colágeno humano y su conversión a tiempo sideral surge una apreciación más ajustada y concisa del proceso de poblamiento verificado en la región pedicordillerana central del Neuquén.

Ha podido comprobarse, en primer lugar, que la oleada de población "Paleoamericana" o "Láguida" constituyó un componente poblacional de relativa antigüedad, presunción que hace años insinuara el hallazgo del hombre de Mata Molle (Fernández 1983) y que en la localidad investigada se manifiesta en las postrimerías del Holoceno inferior, para alcanzar su plenitud durante el temprano Holoceno medio. Es de lamentar que la serie paleoantropológica de Haichol no pueda ponerse en línea con ninguna otra, equivalente en antigüedad y cantidad, proveniente de Pampa o Patagonia. Otros restos craneanos, morfológicamente comparables al tipo exhumado por el doctor Junius Bird en Cerro Sota (Magallanes, Chile), se manifiestan sincrónicamente con los láguidos, aunque perdurando en un segundo registro hasta el Holoceno medio.

Desde otro frente, los análisis isotópicos del colágeno humano confirman lo ya expresado por otros indicadores de dieta conservados en el sedimento arqueológico local, así de índole ergológica (molinos y moletas) como arqueobiológica (macro y microrrestos de origen vegetal y animal) y antropológica (atrición dentaria), perfilando con mayor nitidez el marco de subsistencia adoptado localmente por los cazadores recolectores holocénicos.

Los valores de ambos isótopos estables reflejan, en los dos grupos de ocupación, una acentuada dependencia en recursos de subsistencia continentales que reconoce haberse originado, en la base de la cadena alimentaria, mediante el soporte de una cobertura vegetal C₃ o con una dieta humana directamente integrada por alimentos vegetales de ese tipo. En otros términos, los pobladores prehistóricos constituyeron su dieta, en proporciones variables, con la carne de herbívoros dependientes de vegetales C₃ o, directamente, con alimentos vegetales (semillas) pertenecientes a ese tipo.

Las posibilidades de que los cazadores recolectores andinos hubiesen tenido acceso a una dieta estructurada con recursos marinos, siquiera fuese en mínima parte y de manera ocasional, queda rotundamente desechada por el contenido infrecuentemente bajo de ¹⁵N en el colágeno. La naturaleza de tal deficiencia deberá investigarse en sus causas originarias, sea porque en sí misma constituya una impronta climática o porque la fracción orgánica ósea no retiene eficientemente la identidad isotópica correspondiente a los carbohidratos. Ambas posibilidades merecen considerarse y ser objeto de investigación futura. Respecto a la última, en una próxima etapa deberá estudiarse el comportamiento adoptado por el ciclo del nitrógeno a partir de los nutrientes básicos (pastizal

y semillas) y en el colágeno de subsiguientes eslabones de la cadena alimentaria (herbívoros y carnívoros). En cuanto a la primera, la participación de alguna causa climática no debiera descartarse, ya que en época coincidente a la instauración del ciclo poblacional local - y precediéndolo - ocurrieron cambios ambientales documentados en áreas sensibles y relativamente próximas a la localidad arqueológica que nos ha ocupado.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución forma parte del Proyecto BID 802-OC-AR PID 0535 de la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica intitulado "Isótopos ambientales en hidrogeología y como indicadores continentales de paleoambientes", que dirige el Dr. Héctor O. Panarello y cuya extensión, "Cambio paleoambiental y cambio cultural prehistórico en ambientaciones andinas" se halla a cargo de Jorge Fernández.

Se agradece al Dr. Christopher Bronk Ramsey, Deputy Director, Radiocarbon Accelerator Unit, Research Lab for Archaeology and the History of Art, Oxford, U. K., por haber autorizado a reproducir en nuestro trabajo los gráficos de procesamiento de edades ^{14}C -AMS para su conversión a edades siderales por medio del programa de computación OXCAL. Al Dr. Ramón Aravena, Environmental Isotope Laboratory, University of Waterloo, Canadá, por el asesoramiento y gestión prestados en el transcurso del trabajo. Es crédito del Dr. Alberto J. Marcellino (CONICET) el estudio osteológico de los restos humanos arqueológicos de Haichol, que practicara oportunamente. Expresamos nuestro reconocimiento a la meticulosa labor de los evaluadores de esta contribución, al Lic. Ernesto L. Piana el aporte de valiosas sugerencias sobre aspectos teóricos y técnicos que la han enriquecido. Y al Prof. Dr. Enrique Linares, que alentó la prosecución de estos trabajos y facilitó su desarrollo con los recursos a su alcance.

Se agradece a las licenciadas Susana Valencio, Cristina Dapeña, Estela Ducós y a los señores Eduardo Llambías y E. Ibarra el trabajo de laboratorio. La Dra. Mirta Arriaga, del Museo Argentino de Ciencias Naturales, proporcionó en oportunidad valiosa información sobre la distribución de las plantas C_3 y C_4 en los Andes. Juan M. Fernández tuvo a su cargo la organización de texto y formatos y la digitalización de imágenes. El mastozoólogo Elio Massoia hizo el estudio de los restos arqueofaunísticos y su determinación específica. Agradecemos al distinguido escritor José Antonio Martín el valioso material científico comparativo de la provincia de La Pampa que nos ha proporcionado.

Lanús, Pascua de Resurrección de 2001

NOTAS

¹ Los resultados, expresados como valores δ ($\delta^{13}\text{C}$ o $\delta^{15}\text{N}$), son definidos así:

$$d = 1000 \frac{R_M - R_P}{R_P} \text{‰}$$

donde

$d = \delta^{13}\text{X}$ o $\delta^{15}\text{N}$, desviación isotópica en por mil, ‰

$R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ o ${}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$, relaciones isotópicas respectivas

M = muestra

P = Patrón (V-PDB)

El patrón (o estándar) usado para ^{13}C es V-PDB (Craig 1957; Gonfiantini 1984) un carbonato de calcio calibrado exactamente contra la *Belemnite americana* original (PDB); para el nitrógeno, es AIR (*ambient inhalable reservoir*). El error estándar de medición es de $\pm 0.2\text{‰}$ en $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.

² Las plantas que siguen el camino fotosintético C_3 fijan inicialmente el CO_2 atmosférico en un compuesto orgánico con tres átomos de C, mientras que las que siguen el camino C_4 lo hacen en un compuesto de cuatro átomos.

³ Otros autores (Schoeninger y DeNiro, 1984) reducen a 1‰ esta diferencia isotópica que se incorpora al colágeno entre el segundo y tercer nivel trófico.

- 4 Ambas formas de expresión son correctas. El error de 1σ (68,2% de probabilidad) parece preferible en su empleo arqueológico pero, en ocasiones, como lo ilustra el Gráfico 4 de TO-8528, esa probabilidad se disgrega en tres intervalos de 34,0; 13,9 y 20,2% de probabilidad, respectivamente. Parece entonces adecuado aplicar 2σ , lo que implica 95,4% de probabilidad, aunque abarcando un lapso más amplio. El mismo efecto puede producirse expresándola con 2σ , cuando la intersección coincide con intervalos de la curva de calibración particularmente turbulentos, como es el caso del fechado TO-8989 (Gráfico 5).

BIBLIOGRAFÍA

- Ambrose, Stanley H.; Michael J. DeNiro
1989. Climate and habitat reconstruction using stable carbon and nitrogen isotope ratios of collagen in prehistoric herbivore teeth from Kenya. *Quaternary Research* 31 (3): 407-422.
- Baker, Paul A.; Geoffrey O. Seltzer; Sherilyn C. Fritz; Robert B. Dunbar; Matthew J. Grove; Pedro M. Tapia; Scott L. Cross; Harold. D. Rowe; James P. Broda
2001. The history of South American tropical precipitation for the past 25,000 years. *Nature* 291: 640-643.
- Bender, Margaret M.; David A. Baerreis; Raymond L. Steventon
1981. Further light on carbon isotopes and Hopewell agriculture. *American Antiquity* 46 (2): 346-353.
- Bronk Ramsey, Christian
1995. Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: the OXCAL program. *Radiocarbon* 37 (2): 425-430.
1998. Probability and dating. *Radiocarbon* 40 (1): 461-474.
- Burleigh, Richard y Don Brothwell
1978. Studies on Amerindian dogs. I. Carbon isotopes in relation to maize diet of domestic dogs from early Peru and Ecuador. *Journal of Archaeological Science* 5: 355-362.
- Craig, H.
1957. "Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass spectrometric analysis of carbon dioxide". *Geochimica et Cosmochimica Acta* 12: 133-149.
- Chisholm, Brian S.; D. Erle Nelson; Henry P. Schwarcz
1982. Stable carbon isotope ratios as a measure of marine versus terrestrial protein in ancient diets. *Science* 216: 1131-1132.
- Chisholm, Brian S.; D. Erle Nelson; K. Hobson; Henry P. Schwarcz y M. Knyf
1983. Carbon isotope measurement techniques for bone collagen: Notes for the archaeologists. *Journal of Archaeological Science* 10: 355-360.
- DeNiro, Michael J.
1985. *Postmortem* preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to paleodietary reconstruction. *Nature* 317: 806-809.
1987. Stable Isotopy and Archaeology. *American Scientist* 75: 182-191.
- DeNiro, Michael J.; Samuel Epstein
1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotope in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42: 495-506.
- DeNiro, Michael J. y Samuel Epstein
1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45: 341-351.

DeNiro, Michael J. y Stephen Weiner

1988. Chemical, enzymatic and spectroscopic characterization of "collagen" and other organic fractions from prehistoric bones. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 52: 2197-2206.

Farnsworth, Paul; James E. Brady; Michael J. DeNiro; Richard S. Macneish

1985. A reevaluation of the isotopic and archaeological reconstructions of the diet in the Tihuacan valley. *American Antiquity* 50: 102-116

Fernández, Jorge

1983. Cronología y posición estratigráfica del llamado "hombre fósil" de Mata Molle, Neuquén. *Historia Natural* 3 (7): 57-72. Corrientes.

Fernández C., Jorge

1988-1990. La cueva de Haichol. Arqueología de los pinares cordilleranos del Neuquén. *Anales de Arqueología y Etnología* 43-45 (I-III): 1-740. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

Fernández, Jorge

1994. Ecología isotópica de la rata rupícola chozchori (*Octodontomys gliroides*) de la Puna Argentina y cronología ^{14}C de sus estercoleros antiguos. 2nd Annual Meeting of Project 341 IGCP-IUGS-UNESCO: *Southern Hemisphere Paleo-and Neoclimates. Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael* XII (4): 293-310.

Fernández C., Jorge y Héctor O. Panarello

1988-1990. Paleodieta y patrones de movilidad de cazadores recolectores: su estimación en base a los isótopos del carbono. En: Jorge Fernández C: La cueva de Haichol. Arqueología de los pinares cordilleranos del Neuquén. *Anales de Arqueología y Etnología* 43-45 (I-III): 599-611. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

Fernández, Jorge y Héctor O. Panarello

1991. Isótopos estables del carbono y paleodieta. *X Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Simposio Biología Humana y Arqueología. Shincal* 3 (2): 149-161. Publicación Especial en adhesión al X Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca.

1994. Estimaciones paleodietéticas y ambientales, esqueletos 1 y 2 Puesto El Rodeo. Análisis de las relaciones isotópicas $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ en el colágeno. En: C. J. Gradín y A. Aguerre (Eds. y directores de la investigación): *Contribución a la arqueología del río Pinturas, Pcia. de Santa Cruz, Argentina*, 300-310. Concepción del Uruguay: Búsqueda de Ayllu.

Fernández C., Jorge y Osvaldo H. Panarello

2000. Los isótopos del carbono en la dieta de herbívoros y carnívoros de los Andes jujeños. Su reflejo en la paleodieta de cazadores altiplánicos prehistóricos. (Manuscrito presentado para su publicación).

Fernández, Jorge; Vera Markgraf; Héctor O. Panarello; Miguel Albergo; Fernando Angiolini; Susana Valencio y Mirta Arriaga

1991. Late Pleistocene - Early Holocene environments and climate, fauna and human occupation in the Argentine Altiplano. *Geoarchaeology: An International Journal*, 6: 251-272.

Fernández, Jorge; Héctor O. Panarello y Juan Schobinger

1999. The inka mummy from Mount Aconcagua: decoding the geographic origin of the "messenger to the deities" by means of stable carbon, nitrogen and sulfur isotope analysis. *Geoarchaeology* 14 (1): 27-46.

Gonfiantini, R.

1984. Advisory Group Meeting on Stable Isotope Reference Samples for Geochemical and Hidrological Investigation, IAEA. Vienna, 19-21 September 1983." *Report to the Director General, IAEA, Vienna*. 77 págs.

Gradin, Carlos J. y Ana Aguerre (Editores y directores de la investigación).

1994. *Contribución a la arqueología del río Pinturas, Pcia. de Santa Cruz, Argentina, 300-310*. Concepción del Uruguay: Búsqueda de Ayllu.

Heaton, Tim H.; John C. Vogel; Gertrud von La Chevallerie; Gill Collett

1986. Climatic influence on the isotopic composition of bone nitrogen. *Nature* 322: 822-823.

Krueger, Harold W.

1991. Exchange of carbon with biological apatite. *Journal of Archaeological Science* 18: 355-361.

Krueger, Harold W. y Charles H. Sullivan

1984. Models for carbon isotope fractionation between diet and bone. En J. E. Turnlund, C. H. Sullivan, Eds. *Stable Isotopes in Nutrition, 205-222*. American Chemical Society, Symposium Series 258.

Lamy, Frank; Dierk Hebbeln; Ursula Röhl; Gerold Wefer

2001. Holocene rainfall variability in southern Chile: a marine record of latitudinal shifts of the Southern Westerlies. *Earth and Planetary Science Letters* 185: 369-382.

Lee-Thorp, Julia A.; Judith C. Sealy; Nikolaas J. van der Merwe

1989. Stable carbon isotope ratio differences between bone collagen and bone apatite, and their relationship to diet. *Journal of Archaeological Science* 16: 585-599.

Marcellino, Alberto J.

1988-1990. Estudio osteológico de restos humanos arqueológicos. En Jorge Fernández C.: "La Cueva de Haichol. Arqueología de los pinares cordilleranos del Neuquén". *Anales de Arqueología y Etnología* 43-45: 539-578. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

1994. Arqueología de la cueva Haichol. Estudio de restos humanos arqueológicos. Reimpresión (con agregado de tablas métricas) del cap. 16, pp. 539-578 de "La cueva de Haichol. Arqueología de los pinares cordilleranos del Neuquén", por Jorge Fernández C. *Anales de Arqueología y Etnología* 43-45 (1988-1990). Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

Panarello, Héctor O.

1987. Relaciones entre concentraciones de isótopos livianos utilizados como indicadores ambientales y de paleotemperaturas. *Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires*.

Panarello, Héctor O.; Jorge Fernández

1999. Carbon and oxygen stable isotopes on choique (*Pterocnemia pennata*) egg-shell: a paleoclimatic indicator? *Actas II South American Symposium on Isotope Geology* (Córdoba, setiembre 1999), 422-425.

2000. Isotopic ecology of camelids in the Argentinian Puna. *Book of Abstracts, 143-146. V Isotope Workshop*. European Society for Isotope Research. Kraków, Poland

Schoeninger, Margaret J. y Michael J. DeNiro

1984. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 625-639.

Schoeninger, Margaret J. y Katherine Moore

1992. Bone stable isotope studies in archaeology. *Journal of World Prehistory* 6: 247-296.

Schoeninger, Margaret J.; Michael J. DeNiro; Henrik Tauber

1983. Stable nitrogen isotope ratios of bone collagen reflect marine and terrestrial components of prehistoric human diet. *Science* 220: 1381-1383.

Schwarcz, Henry P.; Margaret J. Schoeninger

1991. Stable isotope analyses in human nutritional ecology. *Yearbook of Physical Anthropology* 34: 283-321.

Schwarz, Henry P.; Jerry Melbye; M. Anne Katzenberg y Martin Knyf

1985. Stable isotopes in human skeletons of Southern Ontario: reconstructing paleodiet. *Journal of Archaeological Science* 12: 187-206.

Sealy, Judith C.

1989. The use of chemical techniques for reconstructing prehistorical diets: a case study in the southwestern Cape. *South African Archaeological Society Goodwin Series* 6: 69-76.

1997. Stable carbon and nitrogen isotope ratios and coastal diets in the later Stone Age of Southern Africa: a comparison and critical analysis of two data sets. *Ancient Biomolecules* 1 (2): 131-147.

Sealy, Judith C.; Nikolaas J. van der Merwe

1986. Isotope assessment and the seasonal-mobility hypothesis in the southwestern Cape of South Africa. *Current Anthropology* 27: 135-150.

Sealy, Judith C.; Susan Pfeiffer

2000. Diet, body size, and landscape use among holocene people in the Southern Cape, South Africa. *Current Anthropology* 41(4): 642-645.

Sillen, A.; Judith C. Sealy y Nikolaas J. van der Merwe

1989. Chemistry and paleodietary research: No more easy answers. *American Antiquity* 54: 505-512.

Stuiver, Minze; Paula J. Reimer

1993. Extended ^{14}C data base and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program. En: Stuiver, M., A. Long, R.S. Kra (Eds.) Calibration 1993. *Radiocarbon* 35 (1): 215-230.

Stuiver, Minze; P. J. Reimer y T. F. Braziunas

1998. High-precision radiocarbon age calibration for terrestrial and marine samples. *Radiocarbon* 40 (3): 1127-1151.

Van der Merwe, Nikolaas J.

1982. Carbon isotopes, photosynthesis and archaeology. *American Scientist* 70: 596-606.

1986. Carbon isotope ecology of herbivores and carnivores. *Paleoecology of Africa* 17: 123-131.

Virginia, R. A.; C. C. Delwiche

1982. Natural ^{15}N abundance of presumed N_2 fixing and non- N_2 fixing plants from selected ecosystems. *Oecologia* 54: 317-325.

Yesner, David R.; María J. Figuerero Torres; Ricardo A. Guichon; Luis A. Borrero

1991. Análisis de isótopos estables de esqueletos humanos: confirmación de patrones de subsistencia etnográficos para Tierra del Fuego. *Shincal* 3 (2): 182-191. Catamarca.