



# ISÓTOPOS ESTABLES Y CONSUMO DE MAÍZ EN EL CENTRO OCCIDENTE ARGENTINO: TENDENCIAS TEMPORALES Y ESPACIALES

## *STABLE ISOTOPES AND MAIZE CONSUMPTION IN CENTRAL WESTERN ARGENTINA: TEMPORAL AND SPATIAL TRENDS*

*Adolfo F. Gil<sup>1</sup>, Gustavo A. Neme<sup>1</sup> y Robert H. Tykot<sup>2</sup>*

Con la intención de evaluar la incorporación del maíz en las poblaciones del centro occidente de Argentina, el límite prehispánico de la agricultura americana, el trabajo explora la variabilidad espacial y cronológica en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  en colágeno, apatita y  $\delta^{15}\text{N}$  en muestras humanas. El estudio incluye 104 muestras arqueológicas humanas registradas entre 32° S y 40° S con cronologías de los últimos 6.000 años. También se presenta información sobre la ecología isotópica de la región. Los resultados muestran una baja correlación tanto en latitud como en tiempo con los valores de  $\delta^{13}\text{C}$ . Los valores que señalan una importancia significativa del maíz en la dieta se registran en el sector más septentrional y durante los últimos 1.500 años. A pesar de esa tendencia, hay una notoria variabilidad entre muestras, inclusive contemporáneas y localizadas en los mismos sectores. Los resultados debilitan la supuesta dispersión gradual en espacio y tiempo del maíz mostrando un patrón de alta heterogeneidad en cuanto a la importancia del maíz en el límite sur de la dispersión agrícola.

**Palabras claves:** centro occidente argentino, maíz prehispánico, dieta humana, isótopos estables.

*This work explores the chronological and spatial variability of collagen and apatite  $\delta^{13}\text{C}$  and collagen  $\delta^{15}\text{N}$  values for human remains, in order to evaluate the incorporation of corn in the diet in central-western Argentina, the pre-Hispanic Southern limit of American agriculture. The study includes 104 samples of archaeological human remains recovered from sites between 32° and 40° S and with chronologies spanning the last 6,000 years. The research also presents information on the isotopic ecology of the region. The  $\delta^{13}\text{C}$  results show a low correlation with both latitude and time. The individuals who appear to have a significant amount of maize in the diet are from the northernmost sector and date to the last 1,500 years. Despite that tendency, however, there is extensive variability among all individuals, including those from the same time and place. The results weaken the supposed gradual dispersion in space and time of corn, showing instead a high degree of heterogeneity for the importance of maize near the southern limit of its agricultural diffusion.*

**Key words:** Central Western Argentina, pre-Hispanic maize, human diet, stable isotopes.

Desde la última década hay una notoria intención por ajustar el conocimiento sobre la cronología y la importancia dietaria del maíz en la América prehispánica (Falabella et al. 2007, Johannessen y Hastorf 1994; Staller et al. 2006). En el marco de ese tipo de investigaciones también se nota una mayor preocupación por entender las causas de la dispersión de las plantas domésticas, moviéndose así la arqueología más allá de su interés por el origen de dichos recursos. El desarrollo de nuevas metodologías y la discusión de viejos y nuevos resultados desde perspectivas teóricas de reciente desarrollo motivan a impulsar esta preocupación por entender la forma y causas de la dispersión de plantas domésticas (Hastorf y Johannessen 1994; Kennett y Winterhalder 2006; Staller et al.

2006; Tykot 2006; Zeder et al. 2006). La región, localizada hacia el oeste de Argentina, entre 30° y 40° LS tiene una singular importancia, ya que presenta buena preservación de restos botánicos y es el límite meridional de la agricultura prehispánica americana (Castro y Tarragó 1992; Gil 2003; Lagiglia 1999). Teniendo en cuenta estas tendencias es que el presente artículo intenta aportar nuevos datos y discutir su interpretación centrados en el registro arqueológico del centro occidente argentino (Gil et al. 2006a; Novellino et al. 2004).

La aplicación de análisis de isótopos estables para discutir la importancia del maíz en la dieta ha mejorado notablemente nuestro conocimiento sobre su historia prehispánica (Blake 2006; Schwarcz 2006; Tieszen y Fagre 1993;

<sup>1</sup> Museo de Historia Natural de San Rafael, San Rafael, Mendoza, Argentina. [adolfofil@arqueologiamendoza.com](mailto:adolfofil@arqueologiamendoza.com); [gustavoneme@arqueologiamendoza.com](mailto:gustavoneme@arqueologiamendoza.com)

<sup>2</sup> University of South Florida, USA. [rtykot@cas.usf.edu](mailto:rtykot@cas.usf.edu)

Tykot 2006). Recientemente el tema de la importancia del maíz y sus variaciones temporales y geográficas ha sido abordado mediante este tipo de análisis en la vecina región de Chile Central (Falabella et al. 2007), en el sur de Mendoza (Gil 2003; Gil et al. 2006a) y en San Juan (Gil et al. 2006b). Por ello, y con el objetivo de aportar a la discusión del tema desde la perspectiva de los isótopos estables, el presente artículo presenta nuevos resultados de  $^{13}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}$  en muestras provenientes del centro occidente argentino e incorpora en la discusión una escala espacial mayor integrando datos previamente publicados. Con esta información y la cronología disponible se evalúan las tendencias temporales y espaciales de los valores isotópicos a fin de discutir modelos previos sobre la forma y causa de la incorporación del maíz.

### **El Centro Occidente Argentino y el Registro de Maíz Prehispánico**

La Figura 1 señala el área considerada para el estudio marcando los sitios de donde provienen las muestras cuyos resultados aquí se presentan. Sobre la base de información etnográfica y arqueológica el centro occidente argentino se caracteriza por una marcada diversidad de estrategias de subsistencia, por lo que tradicionalmente se ha dividido en dos subáreas culturales (Lagiglia 1974). Una subárea septentrional, que incluye el registro de plantas domésticas prehispánicas hasta ca.  $35^{\circ}$ - $36^{\circ}$ , separada por un sector de "ecotono cultural", de otra meridional que no incluiría plantas domésticas en sus estrategias. Si bien existen macrorrestos vegetales de plantas domesticadas (Gil et al. 2006a; Lagiglia 1999), y en épocas históricas se documentaron grupos agrícolas en el sector norte (Prieto 1997-1998), se discute sobre cuál fue la importancia del maíz en la subsistencia de estas poblaciones (Gil et al. 2006a).

Las fechas directas sobre maíz señalan su presencia en el centro occidente argentino desde ca. 2.200  $^{14}\text{C}$  años a.p. (Gil 2003; Gil et al. 2006a; Lagiglia 1999) en sitios como Gruta del Indio. Además de este cultígeno también hay registro de *Chenopodium quinoa*, *Lagenaria* sp., *Cucurbita* sp. y *Phaseolus vulgaris*. El maíz es el más abundante y más ubicuo (Hernández 2002), aunque los estudios cuantitativos y la aplicación de la flotación para la recuperación de macrorrestos están aún poco instaurados (Llano 2005).

Los modelos vigentes asocian el registro de cultígenos, principalmente maíz, con la transición a la vida agrícola y el establecimiento de un modo de vida sedentario (Bárcena 2001; García 1992; Lagiglia 1999). Recientes estudios ponen en cuestión tres aspectos de estas caracterizaciones: primero, que es falsa la dicotomía entre caza-recolección y agricultura (Gil 1997-1998; Smith 1998); segundo, que el registro de un cultígeno no implica el establecimiento de la agricultura por quienes dejaron los restos asociados a él; tercero, que no puede asumirse una trayectoria lineal de complejización directa y progresiva donde los cultígenos, una vez conocidos, se incorporen, transformen el sistema económico e incrementen su importancia en la dieta a través del tiempo (Johnson y Hard 2008; Johnson et al. 2009). Recientemente, aunque limitado al sector centro sur del área aquí considerada, se planteó un modelo simplificado en tres momentos (Gil et al. 2006a). En un primer momento el maíz se incorporaría en las planicies orientales, con una baja incidencia en la dieta de las poblaciones humanas. Según los valores de isótopos estables esta instancia se habría registrado entre 3.000 y 2.000 años a.p. Entre 2.000 y 1.000 años a.p. se registra un notable incremento en la importancia de plantas  $\text{C}_4$ , probablemente maíz, aunque también hay una significativa variabilidad entre muestras contemporáneas. Luego de 1.000 años a.p. aumenta significativamente la cantidad de sitios con registro de maíz pero, a pesar de ello, los valores de isótopos estables no muestran un aumento de este recurso en la dieta. En el presente trabajo se ha ampliado la escala espacial para indagar estas tendencias a la vez que se incorporan un mayor número de muestras humanas y nueva información sobre los recursos con el fin de ajustar la ecología isotópica regional.

### **Cazadores, Maíces y Agricultores**

Trabajos etnográficos, etnoarqueológicos y arqueológicos ayudaron a superar la dicotomía cazadores-recolectores/productores, planteando la necesidad de ver una gama de situaciones entre estos extremos (Politis 1996; Rindos 1984; Spielmann y Eder 1994; Smith 2001). Esto implica considerar situaciones de interacción entre ellos (Headland y Reid 1989) y estrategias que combinen estos extremos de caza-producción. El registro de un marlo de maíz no significa el establecimiento de prácticas agrícolas sino una necesidad de entender

su significado dentro de las estrategias humanas. Muchos mecanismos pueden explicar dicho registro. La región en estudio parece presentar un mosaico de estas estrategias, aunque generalmente han sido entendidas como agricultores ocupando el norte y cazadores hacia el sur con pocas propuestas que consideraron su interacción o estrategias mixtas y alternativas entre estos extremos. En Chile Central, una situación similar ha sido planteada por Cornejo y Sanhueza (2003), donde mediante distintos tipos de indicadores proponen ocupaciones contemporáneas entre cazadores y agricultores que en algún grado tendrían indicadores de interacción.

Cornejo y Sanhueza (2003) señalan que esta situación debió ser común en zonas aledañas. El principal problema con estos estudios es la unidad de análisis, para lo cual el clásico enfoque normativo ha sido un impedimento, como lo señalan Cornejo y Sanhueza (2003) para el caso de Chile Central. Es en ese marco que los estudios de isótopos estables aportan una nueva perspectiva y abren otra posible unidad de análisis con fuerte contenido empírico: el individuo. Por ello para el presente análisis se optó por utilizar unidades temporales y espaciales despojadas de significado cultural previo, con el fin de abordar primero el grado de variación individual en los valores isotópicos y su significado dietario. En ese sentido la información isotópica brinda un complemento en cuanto a escala, unidad de análisis y resolución temporal de otros tipos de registros habitualmente utilizados para caracterizar dietas (Barberena et al. 2004). Pero si bien la información de distintos indicadores como arqueofauna, arqueobotánica, indicadores bioarqueológicos de nutrición e isótopos estables son complementarios, también es esperable cierta inconsistencia entre los registros debido a diferencias en los procesos que forman cada tipo de registro y/o el grado de sensibilidad a los eventos en estudio.

Investigaciones previas sobre los procesos socioculturales en la región (Lagiglia 1974) señalan para el centro occidente argentino el registro de los primeros agricultores en los sectores norte de la región y su consecuente dispersión, generalmente entendida como un proceso lento y continuo, hacia el sur. Los registros arqueológicos de maíces mostrarían que este proceso de dispersión se iniciaría aproximadamente 2.000 años atrás y se detendría unos 1.000 años a.p., aproximadamente a los 35° LS. Los modelos en general asumen que una vez conocido e incorporado el cultígeno este

continuaría en la región hasta tiempos históricos. En los últimos años se ha planteado que el registro de estos cultígenos no necesariamente implica el establecimiento de una sociedad agricultora en la región (Gil 1997-1998). Apuntando a mejorar el conocimiento sobre el patrón temporal y espacial de la importancia del maíz en la dieta es que este trabajo evaluará las variaciones en los valores de isótopos estables de esta región.

## Materiales y Métodos

La aplicación de isótopos estables para el estudio de paleodieta se remonta a la década 1960 (Bender 1968), siendo el trabajo de van der Merwe y Vogel (1977) entre los primeros intentos de alto impacto en utilizar esta metodología para discutir la importancia del maíz en la dieta humana. El método se basa en la propiedad de discriminación isotópica diferencial del C ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) entre vegetales con distintos mecanismos fotosintéticos ( $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  y CAM). En términos generales, se asume que un individuo con una dieta basada en recursos  $\text{C}_3$  tendrá valores aproximados de  $-21,5\text{‰}$  en el colágeno, mientras que aquellos con una dieta basada en recursos  $\text{C}_4$  su valor estará en el orden de  $-7,5\text{‰}$ . Estos valores se obtienen con respecto a estándares internacionales ya establecidos (Ambrose 1993; Tykot 2006). Según avances experimentales (Ambrose y Norr 1993) los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  basados en colágeno ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{co}}$ ) reflejan principalmente la fracción proteica de la dieta, mientras que la fracción no orgánica (apatita;  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ ) reflejaría la tendencia de la dieta total. Otra consideración tiene que ver con la resolución temporal según el tejido analizado. Para el caso del hueso se estima que el valor obtenido es un promedio de lo ingerido en los últimos 7-10 años, mientras que para el pelo se espera una escala temporal mucho más pequeña para la resolución de la dieta (Tykot 2006). Finalmente se resalta que los valores obtenidos en el hueso muestran un fraccionamiento isotópico respecto a la dieta que en el caso del colágeno se estima en un enriquecimiento estimado de  $5\text{‰}$ . Para la fracción inorgánica este fraccionamiento aún está en discusión, pero se adopta el valor generalmente estipulado de  $12\text{‰}$ . Los análisis de isótopos estables en nitrógeno generalmente han sido utilizados para discriminar diferencias en los niveles tróficos entre individuos (Hedges y Reynard 2006), pero varios investigadores postulan que los valores de dicho

isótopo reflejarían distintas variables (Ambrose y DeNiro 1986; Hedges y Reynard 2006). A pesar de ello, la relación entre el incremento en los valores de  $^{15}\text{N}$  y niveles tróficos está bien fundada y parece no cuestionada (Hedges y Reynard 2006).

El presente análisis se basa en información de isótopos estables provenientes de 104 muestras óseas humanas registradas en el occidente de Argentina entre  $30^\circ$  y  $40^\circ$  LS (Figura 1; Tabla 1). Aquí se presentan los resultados de los isótopos estables de  $^{13}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}$  basados en el procesamiento de la fracción orgánica (colágeno) e inorgánica (apatita) de huesos humanos. Los valores  $^{13}\text{C}$  se calculan utilizando el estándar VPDV. También se presentan los valores de esos mismos isótopos estables para los recursos de la región. Estos análisis se realizaron en el Laboratory of Archaeological Science de la University of South Florida bajo consideraciones

metodológicas y técnicas que abajo se describen. También el estudio incluye resultados previamente publicados (Durán y Novellino 2002; Gil et al. 2006a, 2006b; Fernández et al. 1999; Fernández y Panarello 1990; Novellino et al. 2004).

En el mencionado laboratorio las muestras óseas fueron limpiadas usando vibración con ultrasonido y agua destilada. Del hueso limpio se extrajeron 10 mg para el análisis de apatita mientras el colágeno óseo fue obtenido mediante una disolución por HCl durante 72 horas y posterior procesamiento en 0,1 M NaOH (24 horas previas y posteriores a la desmineralización). Los componentes lípidos residuales fueron disueltos durante 24 horas con una mezcla de metanol, cloroformo y agua. Los pseudomoros de colágeno así obtenidos se procesaron en un analizador CHN acoplado con un Finnigan MAT Delta Plus XL.

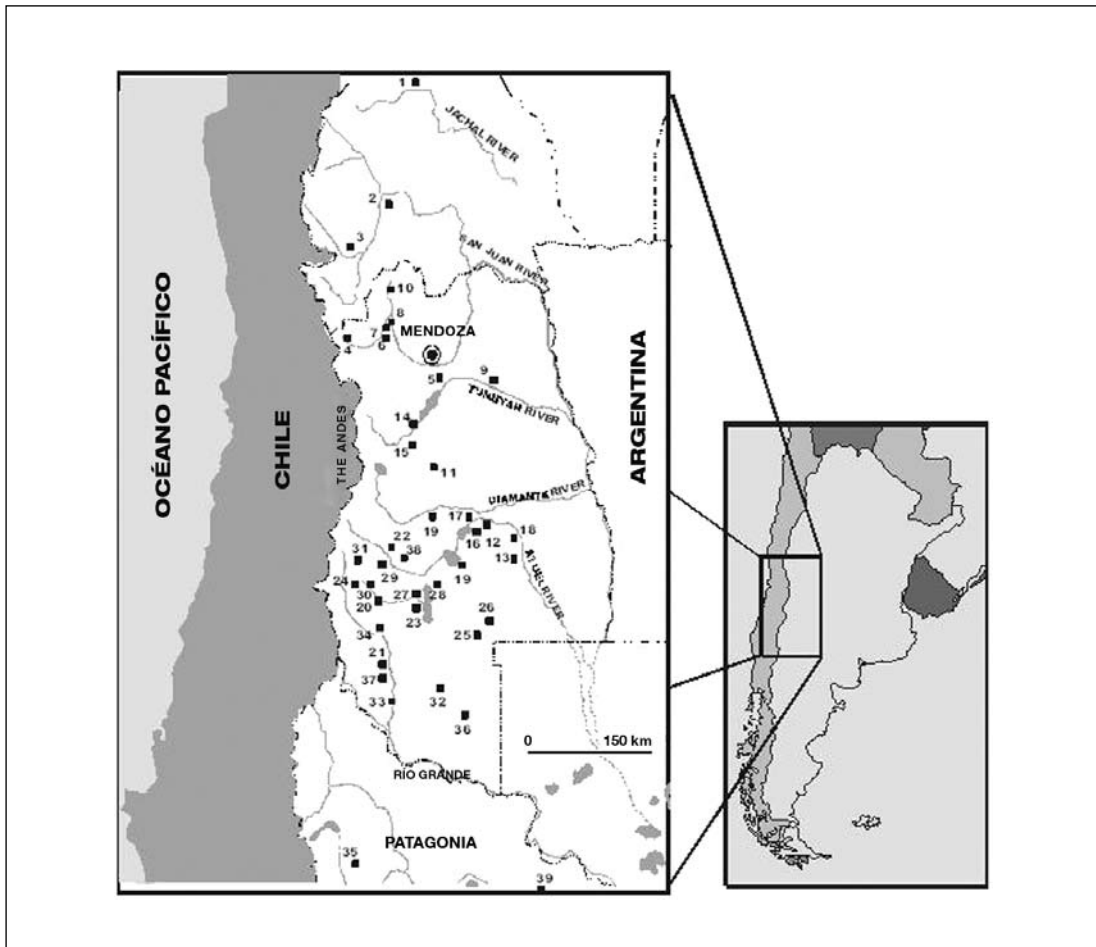


Figura 1. Mapa de la región con los sitios mencionados en el texto. La numeración corresponde a lo detallado en las referencias en la Tabla 1.

*Map of the region with the archaeological site mentioned in text. The numbers correspond to those in Table 1.*

Tabla 1. Valores de isótopos estables ( $\% \text{ VPDV}$ ) en muestras humanas de la región.  
*Stable isotope  $^{15}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}$  ( $\% \text{ VPDV}$ ) in human samples from Central Western Argentina.*

Latitud	Muestra	Sitio	Código	Cronología	Código	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$	Código	$\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$	Referencia
30	SJ10-ENT1	Angualasto	-	-	7386	9,9	-12,3	7159	-8,2	1
30	SJ4-ENT 2	Angualasto	BETA-134392	650 $\pm$ 40	7384	10,1	-13,8	7142	-10,3	1
30	SJ3-ENT3	Punta del Barro	BETA-161362	590 $\pm$ 40	7111	9,5	-13,3	7110	-9,8	1
31	SJ2	Calingasta	-	-	7382	9,5	-13,8	7106	-10,1	1
31	SJ6-ENT8	Gruta 1 Morrillos	GAK-4809	1280 $\pm$ 90	7385	8,1	-17,3	7380	-14	1
31	SJ7-ENT2	Gruta 1 Morrillos-Morrillos	GAK-4704	4070 $\pm$ 105	7152	10,8	-15,3	7151	-12,2	1
31	SJ1-ENT 7	Morrillos Gruta 1 (F)	-	-	7381	9,7	-17,3	7104	-13,1	1
32	S/C	Aconcagua	GX-19991	370 $\pm$ 70	S/C	10,4	-10,8	-	-	2
32	S/C	Agua de la Cueva	S/C	2480 $\pm$ 50	UGA-8660	-	-14,6	-	-	
32	MMy-1241	Barrancas yac. 1	-	-	8288	8	-10,8	8301	-5	
32	MMy-1263	Barrancas yac. 2	AA-66560	2084 $\pm$ 40	8289	9,9	-18	8302	-13,6	
32	MMy-284	Potreros Las Colonias	AA-66564	568 $\pm$ 38	8296	10	-11	8309	-4,2	
32	MMy-1471	Rivadavia-Alto Vede	AA-66563	1736 $\pm$ 49	8295	6,9	-15,9	8308	-10	
32	MMy-259	Uspallata	AA-66558	1922 $\pm$ 52	8290	9,9	-15,6	8303	-6,6	
32	S/C	Uspallata	S/C	580 $\pm$ 90	AC-1050	9,8	-13,5	-	-	2
32	MMy-229	Uspallata Túmulo I	AA-66568	977 $\pm$ 35	8294	9,7	-16,4	8307	-11	
32	MMy-245	Uspallata Túmulo II	-	-	8292	9,8	-12,4	8305	-6,6	
32	MMy-243	Uspallata Túmulo II	AA-66565	1178 $\pm$ 41	8293	10,1	-12,1	8306	-6,5	
32	MMy-239	Uspallata Túmulo II	AA-66561	1269 $\pm$ 35	8291	9,6	-11,9	8304	-7,5	
32	MMy-1097	Uspallata Túmulo III	AA-66566	671 $\pm$ 40	8297	7,8	-11,2	8310	-3,4	
33	ENT-2	Capiz Alto	-	-	6226	11,7	-14,9	6227	-10,6	
33	ind6	Capiz Alto	-	-	UGA-8661	-	-15,6	-	-	3
33	ind1	Capiz Alto	-	-	UGA-8662	-	-16,7	-	-	3
33	ind2	Capiz Alto	LP-1381	1120 $\pm$ 60	UGA-8663	-	-15,9	-	-	3
33	MMy-1221	San Carlos	AA-66567	142 $\pm$ 41	8298	8,4	-18,7	8311	-12,3	
33	MMy-1223	San Carlos	AA-66562	177 $\pm$ 34	8287	10,7	-17,9	8300	-10,2	
33	MMy-1197	Viluco	AA-66559	208 $\pm$ 38	8286	10,3	-17,2	8299	-12,9	
34	AF-2018	Cañada Seca	-	-	7354	11,5	-14,3	7355	-9,8	
34	AF-2019	Cañada Seca	-	-	7349	10,4	-14,5	7350	-10,1	
34	AF-2017	Cañada Seca	-	-	AIE-7668	-	-14,9	-	-	4
34	CS-10001	Cañada Seca	LP-1374	1420 $\pm$ 60	6199	11,6	-15,7	6200	-9	
34	AF-2020	Cañada Seca	LP-1184	1790 $\pm$ 50	7358	11,3	-14,3	7359	-9,5	
34	MRM-20	Casa de Piedra "El Perdido"	AA-62937	2936 $\pm$ 60	8349	8,7	-16,9	8378	-11,5	
34	AF-2000	Cerro Negro	AA-58279	580 $\pm$ 35	7619	9	-14,8	8191	-7,4	
34	AF-13894	Gruta del Indio	-	-	7352	9,8	-15	7353	-10,1	
34	GIRA-27	Gruta del Indio	-	-	6224	-	-	6225	-11,9	
34	Gira-70	Gruta del Indio	AA-54670	2879 $\pm$ 37	6201	10,8	-14	6202	-9,8	
34	AF-830	Gruta del Indio	AA-58280	3860 $\pm$ 60	-	-	-	8193	-12	
34	GIRA-831	Gruta del Indio	AA-59588	3944 $\pm$ 46	7363	-	-	7364	-10,5	
34	AF-828	Gruta del Indio	AA-58281	580 $\pm$ 40	7621	9,9	-13,7	8195	-7,6	
34	JP-1155	Jaime Prats	-	-	6219	10,6	-16,8	6220	-10,2	
34	JP-1155	Jaime Prats	-	-	7344	10,9	-16	7345	-9,3	
34	JP-21	Jaime Prats	-	-	AIE-1396	-	-17,9	-	-	
34	JP-1352	Jaime Prats	AA-59589	1880 $\pm$ 49	7340	9,9	-16,3	7339	-10,6	
34	JP/J4	Jaime Prats	AA-59590	1887 $\pm$ 42	7347	9,8	-17,4	7348	-13,5	
34	AF-008	La Olla	AA-58293	645 $\pm$ 42	7625	11,7	-17,6	-	-	
34	AF-681	Médano Puesto Díaz	AA-59587	2865 $\pm$ 52	7360	8,7	-15,6	7361	-10,2	
34	AF-503	Rincón del Atuel	-	1760	6203	9,4	-13,8	6204	-7,9	
34	AF-500	Rincón del Atuel	-	-	7365	9,5	-15,2	-	-	
34	AF-503	Rincón del Atuel	-	-	7366	9,2	-13,9	-	-	
34	AF-500	Rincón del Atuel	LP-1370	1760 $\pm$ 70	6222	10,3	-13,5	6223	-8,1	
35	MRM-24	A Negro de Pincheira	AA-62941	358 $\pm$ 45	8353	12,4	-18,2	8382	-15,8	
35	AF-1083	Arbolito	AA-58284	97 $\pm$ 36	7624	9,6	-16,1	8199	-10,6	

Continuación Tabla 1.

Latitud	Muestra	Sitio	Código	Cronología	Código	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$	Código	$\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$	Referencia
35	MRM-4	Cañada de las Vizcachas	AA-62922	573±33	8334	7,4	-14,7	8363	-8,9	
35	MRM-22	Casa de Piedra El Chequenco	AA-62939	174±48	8351	11,2	-17,9	8380	-14,3	
35	AF-510	Cerro Mesa	-	-	7331	10,9	-17,9	7330	-13	
35	AF-508	Cerro Mesa	-	-	6209	10,8	-17,9	6210	-12,2	
35	AF-2077	Cerro Trapal	-	-	8358	13,2	-13,5	8383	-7,7	
35	AF-2081	Cerro Trapal	AA-66572	2626±61	8359	11,4	-16,5	8384	-12,8	
35	MRM-12	Ciénaga de Borbarán	AA-62921	274±48	8333	13,2	-16,5	8362	-12,3	
35	MRM-13	Ea. Las Chacras	AA-62924	881±33	8336	8,9	-17,4	8365	-12,5	
35	MRM-19	El Alambrado	AA-62936	282±45	8348	10	-18,9	8377	-14,9	
35	Ent 3	El Chacal	AA-59591	2321±66	7342	7,9	-16,2	7343	-9,2	
35	MRM-10	El Chacay-Pto. Adobe	AA-62923	1472±34	8335	8,1	-17,7	8364	-13,6	
35	AF-2038	El Desecho	AA-54671	5502±60	6217	6,4	-18,8	6218	-11,2	
35	MRM-21	El Nihuil	AA-62938	274±45	8350	12,3	-15,9	8379	-12,2	
35	AF-2036	India Embarazada	AA-54672	2576±60	6206	9,7	-17,5	6207	-10,1	
35	AF-2072	Las Ramadas	AA-58282	965±35	7622	7,2	-13,7	8197	-7,6	
35	MRM-17	Llancanelo	AA-62934	1008±47	8346	11,5	-18,3	8375	-13,9	
35	MRM-5	Llancanelo	AA-62919	850±33	8331	8,8	-18,8	8360	-14,5	
35	MRM-7	Llancanelo	AA-62927	855±80	8339	8,3	-19,1	8368	-13,6	
35	MRM-6	Llancanelo	AA-62925	862±33	8337	11,1	-18,2	8366	-15,9	
35	MRM-23	Llancanelo	AA-62940	896±47	8352	10,1	-18,3	8381	-13,9	
35	MRM-?	Llancanelo	AA-62926	900±36	8338	9,9	-18,5	8367	-14,1	
35	MRM-18	Llancanelo (W) Los Menucos	AA-62935	863±47	8347	11,7	-17,3	8376	-12,8	
35	MRM-1	Norte de Llancanelo	AA-62920	688±36	8332	8	-19,4	8361	-14,2	
35	AF-2022	Ojo de Agua	LP-921	1280±50	6194	10,5	-18,5	-	-	
35	MRM-14	Pozos de Carapacho	AA-62928	797±30	8340	11,3	-15,8	8369	-12,9	
35	MGA-1	RQ-1	-	-	6214	10,9	-14,2	6215	-8,9	
35	AF-2025	Tierras Blancas	LP-890	200	7333	9,5	-15,5	7334	-8,2	
36	AF-1082	Agua del Toro	LP-1368	210±60	6212	12,9	-16,5	6213	-11,3	
36	MRM-8	A° Mechenquil	AA-62931	148±31	8343	11,9	-20,9	8372	-14,3	
36	MRM-16	Buta Mallín	AA-62933	2530±36	8345	7,7	-17,2	8374	-13,1	
36	12	Caverna de las Brujas	AA-58283	3847±45	7623	11,4	-15,9	8198	-11,3	
36	MRM-15	El Alambrado	AA-62932	1821±35	8344	9,9	-17,1	8373	-13,2	
36	AF-673	El Manzano	-	-	7335	10,2	-17,2	7336	-12,5	
36	MRM-11	El Payen	AA-62929	443±36	8341	12,6	-16,7	8370	-13	
36	MRM-9	Jagüel del Medio El Payen	AA-62930	3222±46	8342	10,2	-15,2	8371	-10,5	
36	AF-505	La Matancilla	LP-1379	470±50	6197	11,9	-16	6198	-10,1	
38	H-43	Cueva Haichol	-	1200	-	-	-22,4	-	-	4
38	H-59	Cueva Haichol	-	2000	-	-	-17,1	-	-	4
38	H-14	Cueva Haichol	-	4500	-	-	-22,1	-	-	4
38	cráneo 2	Cueva Haichol	TO-8525	2170±70	-	4,3	-17,8	-	-	4
38	cráneo 4	Cueva Haichol	TO-8527	2920±100	-	5,8	-20,2	-	-	4
38	cráneo 6	Cueva Haichol	TO-8529	3930±70	-	4,9	-17,9	-	-	4
38	cráneo 5	Cueva Haichol	TO-8528	5410±110	-	3,6	-17,8	-	-	4
38	cráneo 3	Cueva Haichol	TO-8526	5410±130	-	4,8	-17,8	-	-	4
38	cráneo 7	Cueva Haichol	TO-8989	5470±60	-	5	-17,4	-	-	4
38	cráneo 8	Cueva Haichol	TO-8990	5650±70	-	3,6	-17,5	-	-	4
38	cráneo 1	Cueva Haichol	TO-8524	890±70	-	5,23	-18,6	-	-	4
39	n.d	Aguada del Overo	n.d.	890±80	UGA-9211	-	-17,7	-	-	5
39	n.d	Ch. Bustamante	n.d.	450±40	UGA-9208	-	-18,4	-	-	5
39	n.d	Sitio Grande	n.d.	670±40	UGA-9209	-	-17,9	-	-	5
40	n.d	Pocaullo	n.d.	710±40	UGA-9210	-	-17,9	-	-	5

Referencias = 1: Gil et al. (2006); 2: Fernández et al. (1999); 3: Durán y Novellino (1992); 4: Fernández y Panarello (1990); 5: Novellino et al. (2004).

Con el fin de evaluar contaminación, las muestras de apatita ósea se prepararon usando métodos estándar para la remoción orgánica (hipoclorito de sodio) y la contaminación potencial de carbonatos, usando un 1M ácido acético buffer. Se registró la pérdida de peso en cada paso, con lo cual se detectarían muestras con pérdidas significativas de carbonato. Generalmente la buena conservación de colágeno minimiza las probabilidades de contaminación de carbonatos.

La mayor parte de las muestras tienen cronología directa, generalmente con  $^{14}\text{C}$  procesado mediante AMS, con lo cual se asegura un buen ajuste cronológico y una escala temporal más adecuada que la previamente disponible. A las muestras sin fechados directo se le asignó una cronología según las fechas de otras muestras con cronología, o en base a rasgos diagnósticos, mientras que algunas pocas muestras (5) no pudieron ser definidas temporalmente.

Las muestras humanas cuyos resultados se informan por primera vez en este estudio provienen de las colecciones del Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo "Profesor Mariano Gambier", Museo de Ciencias Antropológicas y Naturales "Cornelio Moyano", Museo de Historia Natural de San Rafael, Museo de Historia Natural de General Alvear y Museo Regional Malargüe.

### Ecología Isotópica

La región de estudio es árida y semiárida pero dentro de esta caracterización general existe una marcada variación latitudinal, altitudinal y longitudinal, por lo que existe una significativa variabilidad en los recursos (Abraham y Rodríguez Martínez 2000; De Francesco y Diéguez 2006; Morales et al. 2009). En principio esta variabilidad está manifestada en la existencia de distintos tipos de desiertos: Monte, Patagónico, Andino y Puna. Estas diferencias se manifiestan en una marcada biogeografía diferente entre sectores relativamente próximos. En términos de la ecología isotópica se esperan variaciones, incluso a nivel intraespecífico, debido a la cadena trófica (ver el caso de *Lama* sp. en Fernández y Panarello 1999-2001; Gil et al. 2006a; Heaton 1999; Tieszen y Fagre 1993). Por ello se requiere construir una ecología isotópica regional basada en valores obtenidos en muestras del área. La Tabla 2 detalla los valores obtenidos para los recursos. Se incluyen muestras de animales (20 de 8 taxa) y vegetales (24 de 13 taxa). Las muestras son mayoritariamente de

contextos arqueológicos y se buscó tener en cuenta la variabilidad ambiental a fin de evaluar cómo ésta afecta los valores isotópicos de los recursos. Sobre la base de la Tabla 2 se resaltan cuatro aspectos: primero, que hay una predominancia clara de valores isotópicos altamente negativos, tanto en las plantas como en los animales de la región. Segundo, entre los camélidos, principalmente *Lama guanicoe*, se nota una significativa diferencia en los valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$  variando entre  $-14,2\text{‰}$  y  $-19,8\text{‰}$ . En ese sentido los datos muestran dos agrupamientos, uno con promedio de  $-19\text{‰}$  ( $n=10$ ) y el otro de  $-14,4\text{‰}$  ( $n=2$ ). En trabajos previos se ha atribuido esta diferencia a los patrones dietarios de camélidos que habitan regiones fitogeográficas distintas según variaciones altitudinales (Fernández y Panarello 1999-2001; Gil et al. 2006a; Llano 2009), aunque también puede reflejar variaciones intertaxonómicas en la dieta de los camélidos. Las muestras de camélidos disponibles señalan los valores más enriquecidos en sectores bajos orientales, mientras que los valores más bajos se registran en las regiones de altura (Tabla 2). Sin dudas, el número de muestra y su distribución espacio-temporal indican la necesidad de profundizar la fuerza y significado de esta tendencia (Barberena et al. 2008). El tercer aspecto es sobre los valores isotópicos obtenidos en los maíces (Tabla 2). Todos los especímenes de maíz procesados son arqueológicos y muestran que son los más enriquecidos de la región con valores entre  $-9,1\text{‰}$  y  $-10,3\text{‰}$ . También el maíz muestra diferencias en el valor de  $^{15}\text{N}$  al presentar valores más altos en latitudes bajas ( $9,8\text{‰}$ ) que en latitudes altas ( $3,6\text{‰}$ ). En ese sentido los aspectos marcados aquí apoyan la idea de que podrían esperarse diferencias producidas por el consumo de maíz y diferencias entre quienes consumen este recurso en latitudes bajas (alrededor de  $31^{\circ}\text{LS}$ ) respecto a latitudes más altas (alrededor de  $35^{\circ}\text{LS}$ ). Cuarto, hay una notoria diferencia en los valores de  $^{15}\text{N}$  a nivel intraespecífico tanto en plantas (*Zea mays*, *Prosopis* sp., *Cucurbita maxima*) como en animales (*Lama* sp.).

### Valores Isotópicos en Muestras Humanas

En total se cuenta con valores para 104 individuos (incluyendo 3 especímenes replicados), de los cuales se obtuvieron 88 valores de  $\delta^{15}\text{N}$ , 101  $\delta^{13}\text{C}_{\text{co}}$ , 77  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$  (Tabla 1) y 81 fechados radiocarbónicos directos, mayormente procesados

Tabla 2. Valores de isótopos estables ( $\% \text{ VPDV}$ ) en recursos de la región (\*esmalte dental).  
*Stable isotope  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$  values in animal and plant resources of the region (\*dental enamel).*

Código	Taxón	Procedencia	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$
6170/5905	<i>Lama guanicoe</i>	AD-10	4,3	-19,1	-10,7
6171/5906	<i>Lama guanicoe</i>	ACA-1	5,0	-14,2	-6,8
6172/5907	<i>Lama guanicoe</i>	CL	4,0	-19,4	-11,1
6173	<i>Lama guanicoe</i>	EI (H21-2)	-	-	-9,1*
8354	<i>Lama guanicoe</i>	La Gotera	6,2	-18,7	-
8355	<i>Lama guanicoe</i>	AMA-3	4,8	-18,8	-
8356	<i>Lama guanicoe</i>	Ojo de Agua	6,6	-18,7	-
8357	<i>Lama guanicoe</i>	LS-3	6,1	-18,9	-
6179/5913	<i>Lama guanicoe</i>	AD-10 (A1-6-2-402)	4,3	-18,8	-8,9
7368	<i>Lama sp.</i>	Angualasto	9,0	-14,2	-
7370	<i>Lama sp.</i>	Morrillos	5,6	-18,1	-
s/d	<i>Lama sp.</i>	Neuquén	-	-19,8	-
s/d	<i>Lama sp.</i>	Neuquén	-	-19,7	-
6177/5911	<i>Lagidium viscacia</i>	APC (S91-3B-36)	3,7	-19,3	-9,1
6178/5912	<i>Chaetophractus villosus</i>	APC (S91-4-1553)	5,6	-17,7	-11,1
6974/5908	<i>Cholephaga melanoptera</i>	EI (H21-3-18580)	4,1	-22,0	-11,5
6180/5914	<i>Pterocnemia pennata</i>	APC (S87-4-71)	4,9	-21,0	-11,5
6176/5910	<i>Pterocnemia pennata</i>	APC (S87-5-2)	4,6	-20,6	-12,1
6175/5909	<i>Rhea americana</i>	Actual (Malargue)	5,7	-20,0	-11,8
7369	<i>Rhea sp.</i>	Angualasto	6,7	-18,3	-
7372	<i>Zea mays</i>	Iglesia	9,6	-9,7	-
7373	<i>Zea mays</i>	Calingasta	10,2	-9,1	-
7374	<i>Zea mays</i>	Iglesia	9,5	-10,3	-
6181	<i>Zea mays</i>	CZB (semilla)	3,4	-9,7	-
6182	<i>Zea mays</i>	Gira (semilla)	3,9	-9,6	-
6183	<i>Cucurbita maxima</i>	GIRA (cáscara)	13,1	-23,2	-
7375	<i>Curcubita maxima</i>	Iglesia	6,0	-26,7	-
7376	<i>Curcubita maxima</i>	Calingasta	7,0	-24,3	-
7379	<i>Curcubita maxima</i>	Iglesia	9,8	-24,2	-
6184	<i>Lagenaria sp.</i>	-	10,4	-25,4	-
6185	<i>Chenopodium sp.</i>	-	6,9	-27,6	-
6186	<i>Prosopis sp.</i>	RA (fruto, actual)	-	-23,9	-
7377	<i>Prosopis sp.</i>	Calingasta	2,1	-21,0	-
6189	<i>Geoffroea decorticans</i>	RA (fruto, actual)	14	-20,8	-
6191	<i>Prosopis sp.</i>	ACA-1 (endocarpo)	11,6	-24,9	-
6187	<i>Cassia arnottiana</i>	AMA, actual (fruto)	1,6	-25,4	-
6188	<i>Phaseolus vulgaris var. oblo</i>	GIRA (atuel II, semilla)	5,5	-24,0	-
6190	<i>Geoffroea decorticans</i>	ACA-1(endocarpo)	-	-20,2	-
6192	<i>Condalia microphylla</i>	Cuadro Benegas (actual)	-	-25,3	-
6193	<i>Schinus polygamus</i>	AMA (actual)	1,6	-24,4	-
7371	<i>Phragmite australis</i>	Iglesia	4,2	-23,6	-
7378	<i>Phragmite australis</i>	Iglesia	9,5	-22,4	-
s/d	Tubérculo amiláceo	Neuquén	-	-24,6	-
s/d	<i>Araucaria araucana</i>	Neuquén	-	-23,6	-



por AMS (Tabla 1). A la mayoría de las muestras sin fechados directos pudieron asignárseles fechas en base a la asociación contextual o en base a la cronología propuesta por quienes investigaron los restos. Es así que para el presente análisis se agruparon las muestras en grupos temporales de 1.000 años  $^{14}\text{C}$  (Tabla 3), la única excepción la constituye el grupo más reciente, que considerando los probables cambios postcontacto hispanoindígena, se lo segregó en muestras de los últimos 300 años y las registradas entre 300 y 1.000 años a.p. La Tabla 3 muestra la distribución de las muestras según latitud y bloque temporal. De dicha tabla se resalta el registro de valores de isótopos estables en muestras humanas desde 5.000-6.000 años  $^{14}\text{C}$  a.p., y una distribución, aunque cuantitativamente variable, en los distintos bloques y coordenadas latitudinales. Esta es la base de datos con la que se presenta una tendencia temporal y espacial que junto a la información individual detallada en la Tabla 1 es utilizada para discutir las hipótesis planteadas sobre la forma en que se incorporó el maíz y el significado e importancia que éste tuvo en la dieta humana de esta región.

### Tendencia temporal y espacial en $\delta^{13}\text{C}$

La tendencia latitudinal de los valores individuales de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$  y  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$  señalan una correlación negativa, aunque con variaciones significativas (Figura 2). La correlación entre latitud y  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$

( $r^2 = -0,35$ ) señalaría que el componente proteico de las dietas tiende a variar negativamente respecto a la latitud, decreciendo la proporción de recursos  $\text{C}_4$  consumidos directa o indirectamente por los individuos analizados a medida que ésta aumenta. Pero esta tendencia es débil debido a la significativa variabilidad señalada por  $r^2$ . Por su parte, esta correlación entre  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$  y latitud también es negativa pero más baja que la anterior ( $r^2 = 0,15$ ). En ambos casos dicha correlación no explica la mayor parte de la variabilidad y se nota una amplia dispersión en los valores de los individuos (Figura 2), por lo que carece de fuerza estadística. Si bien ambas tendencias no son defendibles estadísticamente es importante la diferencia entre los valores de  $r^2$  de ambas, lo que señalaría una mayor relación latitudinal con las variaciones de colágeno que de apatita.

La variación del  $\delta^{13}\text{C}$  en relación al tiempo, basado en unidades temporales agregadas como antes se explicó, es casi nula (Figura 3). Como la Figura 3 muestra, la correlación con el tiempo ( $r^2 = 0,025$ ) explica una pequeña parte de la variación isotópica señalando que a medida que las muestras son más recientes, los valores isotópicos tienden a enriquecerse, en el caso del  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ , mostrando un aumento en la proporción de recursos  $\text{C}_4$  en la fracción proteica, mientras que, aunque también muy débil, el  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$  señala una tendencia negativa que significaría una débil disminución en recursos  $\text{C}_4$  en la dieta total en muestras humanas más recientes.

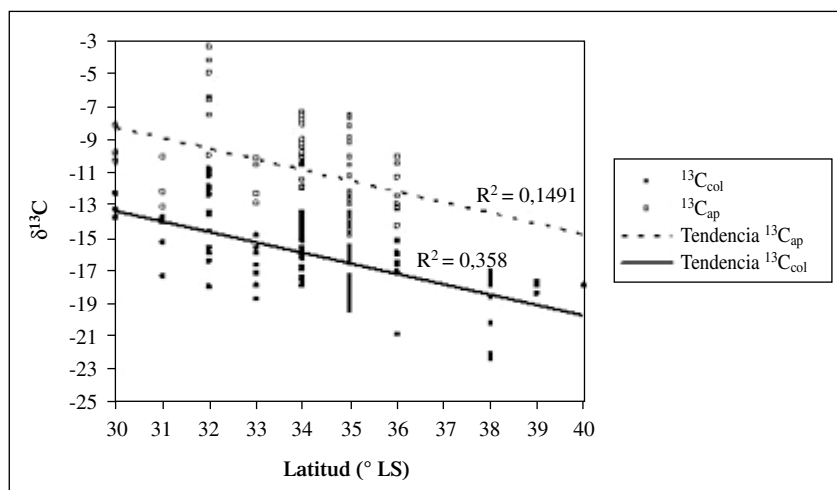


Figura 2. Tendencia latitudinal en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (‰ VPDV) en colágeno y apatita. *Latitudinal trends in  $\delta^{13}\text{C}$  (‰ VPDV) in collagen and apatite.*



Ambas variables independientes (tiempo y latitud) no llegan a explicar globalmente el 50% de las variaciones en  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$  y casi el 2% del  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ . Se realizó un análisis de correlación multivariado con Minitab 15 dando un  $r^2$  de 35% para  $\text{C}_{\text{col}}$  en relación a latitud y tiempo, donde la latitud es la que explica la mayor parte y un  $r^2$  de 14% para  $\text{C}_{\text{ap}}$  en relación a latitud y tiempo, donde también la latitud es la que presenta mayor relación.

La Tabla 3 muestra la tendencia de los valores promedios en  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  por latitud y bloque temporal. Los valores  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$  en promedio, por bloque temporal y espacial más enriquecidos se localizan a  $32^\circ$  ( $-12,6\%$ ), coincidiendo también con los individuos más enriquecidos ( $-10,8\%$ ) con cronología de los últimos 500 años a.p. Por su parte los valores promedios más negativos ( $-22,4\%$ ) corresponden a la única muestra registrada entre 1.000 y 1.500 años a.p. a los  $38^\circ$  LS.

En base a la información isotópica de los recursos en la región (Tabla 2) se proponen umbrales heurísticos de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$  para definir la fracción proteica de dietas ricas en recursos  $\text{C}_4$  (mayores a  $-14\%$ ), mixtas (entre  $-14\%$  y  $-17\%$ ) y ricas en recursos  $\text{C}_3$  (menores a  $-17\%$ ). La Tabla 3 muestra que sólo entre latitudes de  $30^\circ$  a  $32^\circ$  se registran promedios que corresponden a lo esperado en poblaciones con un consumo alto, directo y/o indirecto, de recursos  $\text{C}_4$ . Dichas muestras se cronologizan en los últimos 1.100  $^{14}\text{C}$  años a.p. (Tablas 1 y 3). Si bien en latitudes más altas los promedios son

menores, se destacan 8 individuos con valores de alrededor  $-14\%$  localizados más al sur, a los  $34^\circ$  LS (Tabla 1, Figuras 2 y 3). Inclusive algunos de estos individuos se destacan por su cronología previa a los 1.100 años a.p. incluso con un caso de ca. 2.880  $^{14}\text{C}$  años a.p. (Tabla 1, Figuras 2 y 3). Específicamente, estos son los casos de Cañada Seca (AF-2018 y AF-2020), Gruta del Indio (Gira-70 y AF-828), Rincón del Atuel (AF-503 y AF-500), Cerro Trapal (AF-2077), RQ (MGA-1) y Las Ramadas (MGA-1), todos localizados entre  $34^\circ$  y  $35^\circ$  LS. La muestra GIRA-70 es llamativamente más antigua que lo esperado para explicar su enriquecimiento por consumo de maíz (ver abajo).

Los grupos que en promedio tienen valores atribuibles a dietas mixtas, aquí consideradas aquellas con valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$  entre  $-14\%$  y  $-17\%$ , se extienden desde los  $32^\circ$  a los  $36^\circ$  LS (Tabla 3). Estos promedios de dieta mixta sólo presentan continuidad temporal y espacial entre los  $33^\circ$  y  $34^\circ$  LS, mientras que en latitudes inferiores y superiores están intercalados por valores de dietas con predominancia  $\text{C}_3$  o predominantemente  $\text{C}_4$ . Los promedios más antiguos de dietas mixtas aquí analizados se registran desde ca. 3.800 años en  $36^\circ$  LS.

Los promedios de individuos atribuibles a dietas básicamente compuestas por recursos  $\text{C}_3$ , aquellas con valores  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$  iguales o menores a  $-17\%$  se registran a partir de los  $38^\circ$  LS, pero se intercalan con los promedios de dietas básicamente  $\text{C}_4$  y mixtas en los  $31^\circ$ ,  $35^\circ$  y  $36^\circ$  LS (Tabla 3).

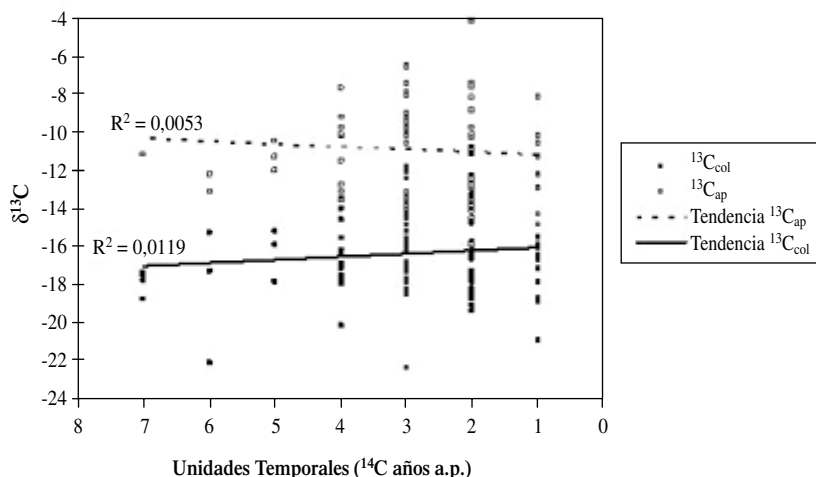


Figura 3. Tendencia temporal en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (‰ VPDV) en colágeno y apatita; unidades temporales en miles de años antes del presente.

*Temporal trend in  $\delta^{13}\text{C}$  (‰ VPDV) in collagen and apatite, temporal units in thousands of years before present.*

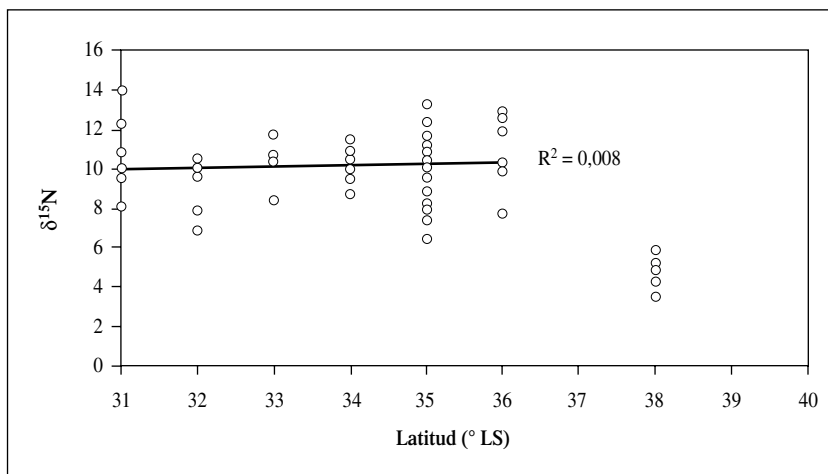


Figura 4. Tendencia latitudinal en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$ . El cálculo  $r^2$  se estima con los valores comprendidos entre 31° y 36° LS para evitar sesgo en la estadística (ver texto).

*Latitudinal trends in  $\delta^{15}\text{N}$ .  $r^2$  is estimated using the values found between 31° and 36° S latitude to avoid bias in the statistics (see text).*

En síntesis, los promedios por latitud y grupo temporal del  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$  señalan un consumo directo y/o indirecto exclusivo de recursos  $\text{C}_3$  en latitudes altas (38°, 39° y 40° LS). Los valores promedios de las muestras registradas entre 33° y 34° LS son básicamente mixtas. Las muestras provenientes de 35° y 36° LS señalan una ausencia en promedio de un significativo consumo directo y/o indirecto de  $\text{C}_4$ . Los grupos de estas latitudes señalan el predominio de dietas mixtas o de dietas básicamente compuestas por recursos  $\text{C}_3$ . Entre estos promedios se nota una significativa variabilidad y no hay una clara tendencia temporal hacia un enriquecimiento a medida que las muestras son más recientes. Dada esta variabilidad es necesario considerar las tendencias individuales. En ese sentido se remarcan aquí los individuos (mencionados arriba), en latitudes medias y altas que presenta un valor  $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$  esperable entre quienes consumen importante proporción de recursos  $\text{C}_4$  y que presentan cronologías más antiguas que las de los valores promedio enriquecidos.

Los resultados de isótopos estables obtenidos sobre fracción no orgánica ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ ) muestran tendencias en la dieta total (Ambrose y Norr 1993). También basados en la ecología regional propuesta en la Tabla 2, se establecieron umbrales heurísticos de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$  para definir dietas ricas en recursos  $\text{C}_4$  (mayores a  $-7\text{‰}$ ), mixtas (entre  $-7\text{‰}$  y  $-10\text{‰}$ ) y ricas en recursos  $\text{C}_3$  (menores a  $-10\text{‰}$ ). Esta fracción señala que los valores promedio por latitud y tiempo más enriquecidos se localizan en 32° entre 500 y

1.000 años a.p. (Tablas 1 y 3). Individuos cuya fracción inorgánica señalan un alto componente de recurso  $\text{C}_4$  se registran en la misma latitud pero desde aproximadamente 2.000 años a.p. Grupos con promedios esperables para dietas mixtas (entre  $-7\text{‰}$  y  $-10\text{‰}$ ) se localizan a 32° LS (entre 1.000-2.000 años a.p.), a los 34° LS (entre 300-1.000 años a.p.) y a los 35° LS (entre 2.000-3.000 años a.p.). El resto de los conjuntos, principalmente localizados desde los 36° LS hacia el sur y anterior a los 2.000 años a.p., registran valores de una dieta básicamente compuesta por recursos  $\text{C}_3$ .

### Tendencia temporal y espacial en $\delta^{15}\text{N}$

Las muestras humanas en general tienen valores altos (alrededor de 10) que reflejan alto componente de carne y/o variables climáticas vinculadas a las adaptaciones a ambientes áridos. La correlación entre los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  tanto en apatita como colágeno es nula, por lo que se descarta que las variaciones a nivel del conjunto estén relacionadas a la ingesta de recursos marinos. La Tabla 3 muestra una tendencia en la variación latitudinal de  $\delta^{15}\text{N}$  casi nula entre las muestras de 31° y 36° LS, mientras que es notorio el empobrecimiento en los valores de este isótopo en las muestras de latitudes altas (38° LS). Los valores más bajos coinciden con las muestras más antiguas y de latitudes más altas. Si bien se ha postulado una relación entre el valor que ofrece este isótopo y el lugar en la cadena trófica,

hay distintas variables que también influyen, entre ellas se destacan variables climáticas (Hedges y Reynard 2006). Un aspecto que se resalta son los valores extremadamente bajos en las muestras humanas de las latitudes más altas (muestras humanas de Cueva Haichol), los cuales podrían reflejar una condición climática y/o una dieta principalmente vegetariana.

### Consumo de Maíz

Clásicamente se ha sostenido que la llegada de la agricultura o su incorporación a los sistemas humanos preexistentes fue un proceso de dispersión gradual con vector norte a sur (Lagiglia 1999). El patrón contrastante en cuanto a las diferencias culturales entre el norte y el sur del centro occidente argentino propuesto para los últimos 2.000 años no parece ajustarse al menos en cuanto a la importancia del maíz en las dietas de estas poblaciones. Si bien hay una tendencia latitudinal en la importancia de recursos  $C_4$  en la dieta, hay una importante variación temporal y espacial en los valores isotópicos analizados. Los recursos analizados señalan que el maíz y los camélidos podrían explicar los valores enriquecidos, aunque en estos últimos hay una amplia variación de sus valores y necesitan ser estudiados en detalle para entender su dieta. De las plantas registradas de manera arqueológica, principalmente en el sur de Mendoza, podría esperarse aportes de *Amaranthus caudatus* que también tiene un mecanismo fotosintético  $C_4$ . Si el aporte que enriquece el  $\delta^{13}C$  se da en el colágeno y no en el mismo grado en la apatita, podría postularse al guanaco como un factor importante. Los valores de  $\delta^{13}C$  proveniente del colágeno muestran un significativo enriquecimiento en  $31^\circ$  y  $32^\circ$  LS, lo que reflejaría el componente proteico en el que debe considerarse, como se mencionó antes, el aporte de carne como la de camélido y cuyos valores, si bien variables, incluyen casos muy enriquecidos de  $\delta^{13}C$ .

La información isotópica permite ajustar en algún grado cómo fue ese proceso en el espacio y tiempo del centro occidente argentino. Los registros de maíz más antiguos se remontan a alrededor de 2.000 años a.p. (Gil et al. 2006a; Lagiglia 1999), aunque habrían sido más ubicuos durante los últimos 1.000 años a.p. Hay registros de este cultígeno para fechas prehispánicas desde los  $31^\circ$  a los  $35^\circ$  LS (Gil 2003). Las tendencias isotópicas, según los valores promedios por latitud y tiempo, pueden considerarse

en tres agrupaciones. Primero, las muestras humanas localizadas en los últimos 1.500 años y en latitudes  $31^\circ$  y  $32^\circ$  LS que muestran un alto enriquecimiento. Segundo, las muestras entre  $36^\circ$  y  $40^\circ$  LS, con cronologías desde 6.000 hasta los últimos 500 años con promedios de valores isotópicos bajos, lo que señala un bajo o nulo componente de recursos  $C_4$ . Tercero, las muestras entre  $33^\circ$  y  $35^\circ$  LS con valores isotópicos intermedios desde los últimos 5.000 años que reflejarían dieta mixta en cuanto a la ingesta directa y/o indirecta de recursos  $C_4$  y  $C_3$ . Aunque algunos individuos aislados reflejan un significativo componente  $C_4$  en la dieta, en promedio a partir de  $35^\circ$  LS no hay tendencias isotópicas que señalen un aporte significativo de ese componente. Un caso que escapa a esta tendencia es el individuo de C° Trapal (AF- 2077), en Llanquanelo, que tiene valores significativamente elevados para su latitud y significativamente distintos a los valores de un individuo asociado (AF-2081). En esta tendencia por latitud y tiempo se destaca una amplia variación para estas variables. Por ejemplo, las muestras con antigüedad entre 500 y 1.000 años registrada a los  $32^\circ$  S tienen un promedio de  $-13\%$ , pero con casos que varían entre  $-11\%$  y  $-16,4\%$ . Para fechas entre 500 y 1.000 años a.p. y a  $35^\circ$  el promedio es de  $-17,7\%$ , pero con rangos entre  $-14,7\%$  y  $-19\%$ .

Teniendo en cuenta la cronología y dispersión de los maíces arqueológicos hay diferencias con respecto a las tendencias isotópicas esperadas y las obtenidas. Primero, una significativa proporción de individuos con cronologías entre 2.500 y 4.000 años a.p. presentan valores isotópicos esperables para dietas mixtas (SJ7-ENT 2, MRM-9, GIRA 70, Agua de La Cueva, AF-681, Ent 3 El Chacay, AF-2081, MRM-20) entre  $-14 \%$  y  $-16,9 \%$ . Estos casos también presentan una amplia dispersión espacial cubriendo una diversidad ambiental significativa. En el caso de que se asumiera que esos valores de la fracción proteica son aportados al menos parcialmente por el maíz, entonces se estaría ante los primeros intentos de incorporar a la dieta este recurso o intentos exploradores/colonizadores de individuos y/o grupos agrícolas. Individuos con bajo insumo de carne podrían manifestar este enriquecimiento proteico por maíz (u otro vegetal  $C_4$ ). En la variabilidad temporal resalta la situación de Gruta del Indio con el individuo GIRA 70 de ca. 2.800 años de antigüedad con un valor alto de  $\delta^{13}C_{co}$ , mientras que los maíces datados directamente señalan una antigüedad en la región de ca.

2.000 años a.p. (Gil 2003; Gil et al. 2006a), por lo que este dato es interesante y podría señalar o una situación anómala respecto a la dieta poblacional de la época, el consumo de otro recurso  $C_4$  como *Amaranthus caudatus* (Llano 2009), o un intento inesperadamente temprano y luego no continuado en el uso del maíz en la dieta humana.

Espacialmente sólo en  $31^\circ$ ,  $32^\circ$  y  $34^\circ$  LS se nota un incremento temporal irreversible en el promedio del valor isotópico, lo que señalaría un aumento en el promedio de la ingesta directa y/o indirecta de recursos  $C_4$ . Específicamente sólo muestras registradas en  $32^\circ$  muestran un notable incremento en los valores de  $\delta^{13}C$  para ambas fracciones y con cronologías de los últimos 1.100 años. Hay enriquecimientos y empobrecimientos temporales, como en los  $33^\circ$  y los  $36^\circ$  LS, o variaciones poco significativas que señalarían un cambio insignificante o nulo en los promedios.

Si la fracción no orgánica del hueso refleja la dieta total del individuo, se nota que aquí los recursos  $C_4$  fueron menos significativos que en la fracción proteica y su variación latitudinal y cronológica menos significativa que lo observado con  $\delta^{13}C_{col}$ . La Figura 5 muestra cómo covarían los valores de ambas fracciones, destacándose una correlación alta entre ambas que podría significar que el enriquecimiento de la fracción proteica está

afectando a la dieta total. En este caso hay dos posibles interpretaciones. Una es una dieta baja en proteína animal, por lo que una parte significativa de ésta proviene de un recurso vegetal  $C_4$  como podría ser el maíz u otro vegetal (amarantos?). La otra situación es que este patrón sea explicado por proteínas enriquecidas en sus valores isotópicos como es la tendencia que muestran los camélidos registrados fuera de cordillera (Tabla 2; Fernández y Panarello 1999-2001; Gil et al. 2006a) cuyos valores de  $\delta^{13}C$  están enriquecidos señalando el consumo de plantas  $C_4$ . Los altos valores de  $N^{15}$  podrían debilitar la primera opción, aunque los valores elevados de este isótopo también son una respuesta fisiológica a la aridez. Un mayor enriquecimiento en el colágeno que en la apatita fortalece más a la segunda alternativa.

Recientemente se ha generado información de isótopos estables ( $\delta^{13}C$  y  $\delta^{15}N$ ) en muestras humanas de Chile Central (Falabella et al. 2007). La información proviene de 100 individuos localizados entre  $32^\circ$  y  $34^\circ$  LS y que cubre los últimos 6.000 años a.p. En esta región el registro más antiguo de macrorrestos atribuidos a maíz se remontan a ca. 1.500 años a.p. (Falabella et al. 2007; Planella y Tagle 2004). Alrededor de 1.800 años a.p., con los conjuntos asignados a las poblaciones Llolleo aparecen los primeros valores

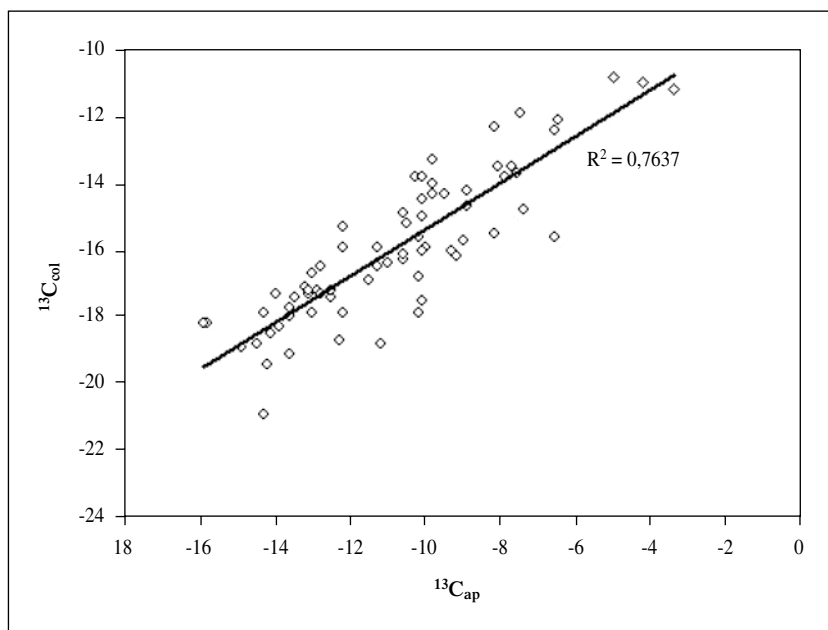


Figura 5. Relación entre los valores de  $\delta^{13}C$  (‰ VPDV) en colágeno y apatita.  
Relationship between  $\delta^{13}C$  (‰ VPDV) values in collagen and apatite.

enriquecidos en colágeno y apatita de  $\delta^{13}\text{C}$ , por lo que desde esa fecha Falabella et al. (2007) sostienen un indudable consumo de maíz, aunque desde unos 1.000 años a.p. los valores tienen un promedio ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}} -11.6\text{‰}$ ) lo suficientemente enriquecido como para sostener una significativa importancia del maíz en la dieta. Con las evidencias atribuidas a las poblaciones Inka se registra una disminución de estos valores que reflejará una menor importancia de este grano en las dietas. En Chile Central el patrón, al igual que en el centro occidente argentino, no muestra un incremento lineal ni continuo en el tiempo, por lo que en esta región de Sudamérica la importancia del maíz parece que no se dio en forma lenta ni progresiva. Si la dieta total es la reflejada por los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  obtenidos en apatita (o carbonato) los valores están menos enriquecidos, por lo que sería menor el aporte de los recursos  $\text{C}_4$  en la dieta total.

### Consideraciones Finales

La información isotópica muestra una tendencia mucho más heterogénea en el consumo del maíz del centro occidente argentino que la previamente postulada por la información histórica y la distribución de rasgos culturales. Un fuerte consumo se propone en los últimos 1.000-1.500 años, aunque su establecimiento tampoco significó una adopción homogénea por las poblaciones clásicamente postuladas como “productoras de alimento” localizadas en las latitudes septentrionales. En las latitudes medias de la región se registran patrones mixtos y con amplia variación. Asimismo los valores isotópicos señalarían una mediana importancia de los recursos  $\text{C}_4$  desde aproximadamente 3.000-4.000 años a.p. En estas consideraciones queda

en la agenda futura la necesidad de explorar la posibilidad de que el colágeno también puede estar enriquecido por camélidos u otros recursos no considerados en detalle. Esto implica profundizar los estudios sobre la ecología isotópica y su implicancia en la dieta humana.

En base a esta información se descarta un patrón uniforme de la dieta en términos espaciales y temporales, siendo la variación la tendencia más fuerte que la homogeneidad. Tampoco se nota una alta proporción de recursos  $\text{C}_4$ , aunque cuando se manifiesta es sólo en latitudes bajas y para los últimos 1.000 años a pesar de los registros botánicos del recurso de al menos 2.000 años. Emerge la necesidad de explicar estas variaciones en la dieta mostrando un patrón no lineal (Johnson et al. 2009).

*Agradecimientos:* Este trabajo se desarrolló en el marco de los proyectos de ANPCYT y CONICET. Deseamos agradecer a la doctora Catalina Teresa Michieli (Directora del Instituto de Investigaciones Arqueológicas y del Museo “Prof. Mariano Gambier”, San Juan), a Juan Chilaca (encargado del Museo Regional Malargue), a la doctora Clara Abal (Directora del Museo Moyano, Mendoza) y al doctor Humberto Lagiglia por facilitarnos el acceso a las colecciones antropológicas y obtener las muestras necesarias para este trabajo. Los doctores Víctor Durán, Valeria Cortegoso y Paula Novellino colaboraron y fueron consultados en distintos momentos de la investigación. Una versión previa se presentó en el 71° Meeting de la SAA (San Juan de Puerto Rico). Agradecemos las sugerencias de tres evaluadores anónimos que ayudaron a mejorar el artículo. Ninguno de ellos es responsable por los errores u omisiones.

### Referencias Citadas

- Abraham, E. y F. Rodríguez Martínez, editores  
2000 *Argentina. Recursos y Problemas Ambientales de la Zona Árida*. Programa de Cooperación para la Investigación; Junta de Gobierno de Andalucía-Universidades y Centros de Investigación de la región Andina Argentina; 2 Tomos. Argentina.
- Ambrose, S.  
1993 Isotopic Analysis of Paleodiets: Methodological and Interpretative Considerations. En *Investigations of Ancient Human Tissue: Chemical Analysis in Anthropology*, editado por M. Sandford, pp. 59-129. Gordon and Breach Science Publishers, Langhorne.
- Ambrose, S. y M. DeNiro  
1986 Reconstruction of African human diet using bone collagen carbon and nitrogen isotope ratios. *Nature* 319:321-324.
- Ambrose, S. y L. Norr  
1993 Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate. En *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level*, editado por J. Lambert, y G. Grupe, pp. 1-37. Springer-Verlag, New York.
- Barberena, R., G. L'Hereux y L. Borrero  
2004 Expandiendo el alcance de las reconstrucciones de subsistencia. Isótopos estables y conjuntos arqueofaunísticos. En

- Contra Viento y Marea. Arqueología de Patagonia*, editado por M. Civalero, P. Fernández y A. Guráieb, pp. 417-433. INAPL-SAA. Buenos Aires.
- Barberena, R., A. Gil, G. Neme, A. Zangrando, G. Politis, L. Borrero, G. Martínez, y L. Prates  
2008 Ecología isotópica de guanaco (*Lama guanicoe*) en el Sur de Sudamérica: Tendencias espaciales, temporales e implicaciones arqueológicas. Presentado en el Primer Congreso Argentino de Zooloarquología. Malargue (Mendoza), Argentina.
- Bárceña, R.  
2001 Prehistoria del centro oeste argentino. En *Historia Argentina Prehispánica*, volumen 2, editado por E. Berberian y A. Nielsen, pp. 561-634. Editorial Brujas, Córdoba.
- Bender, M.  
1968 Mass spectrometric studies of Carbon 13 variations in corn and other grasses. *Radiocarbon* 10:468-472.
- Blake, M.  
2006 Dating the initial spread of *Zea mays*. En *Histories of Maize*, editado por J. Staller, R. Tykot y B. Benz, pp. 55-72. Academic Press, London.
- Castro, V. y M. Tarragó  
1992 Los inicios de la producción de alimentos en el cono sur de América. *Revista de Arqueología Americana* 6:91-124.
- Coltrain, J. y S. Leavitt  
2002 Climate and diet in Fremont prehistory: Economic variability and abandonment of maize agriculture in the Great Salt Lake basin. *American Antiquity* 67:453-485.
- Cornejo, L. y L. Sahueza  
2003 Coexistencia de cazadores recolectores y horticultores tempranos en la cordillera andina de Chile Central. *Latin American Antiquity* 14:389-407.
- De Francesco, C. y S. Diéguez  
2006 Paleoaambientes del Cuaternario Tardío del sur de Mendoza: estado del conocimiento, problemas y perspectivas. *Anales de Arqueología y Etnología* 61:69-80.
- Durán V. y P. Novellino  
2002 Vida y muerte en la frontera del imperio español. Estudios arqueológicos y bio-anropológicos en un cementerio indígena postcontacto del Centro-Oeste de Argentina. *Anales de Arqueología y Etnología* 54-55. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras, Mendoza.
- Falabella, F., T. Planella, E. Aspillaga, L. Sanhueza y R. Tykot  
2007 Dieta en sociedades alfareras de Chile Central: aportes de análisis de isótopos estables. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 39:5-27.
- Fernández, J. y H. Panarello  
1990 Paleodietas y patrones de movilidad de cazadores-recolectores. Su estimación en base a los isótopos estables del carbono. En *La Cueva de Haichol; arqueología de los Pinares Cordilleranos del Neuquén*. *Anales de Arqueología y Etnología* 45:599-611.  
1999-2001 Isótopos del carbono en la dieta de herbívoros y carnívoros de los Andes jujeños. *Xama* 12-14:71-85.
- Fernández, J., H. Panarello y J. 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* 14:27-46.  
2000 *Prehistoria de San Juan*. 2da Edición. Ansilta Editora, San Juan.
- García, A.  
1992 Hacia un ordenamiento preliminar de las ocupaciones prehistóricas agrícolas precerámicas y agroalfareras en el NO de Mendoza. *Revista de Estudios Regionales* 10:7-34.
- Gil, A.  
1997-1998 Cultígenos prehispánicos en el sur de Mendoza. Discusión en torno al límite meridional de la agricultura andina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 22-23:295-318.  
2003 *Zea mays* on the South American periphery: Chronology and dietary importance. *Current Anthropology* 44:295-300.
- Gil, A., R. Tykot, G. Neme y N. Shelnut  
2006a Maize on the Frontier. Isotopic and Macrobotanical Data from Central-Western Argentina. En *Histories of Maize*, editado por J. Staller, R. Tykot y B. Benz, pp. 199-214. Academic Press, London.
- Gil, A., N. Shelnut, R., G. Neme, R. Tykot y C. Michieli  
2006b Isótopos estables y dieta humana en el Centro Oeste: datos de muestras de San Juan. *Cazadores-Recolectores del Cono Sur* 1:149-161.
- Hastorf, C. y S. Johannessen  
1994 Becoming corn eaters in prehistoric America. En *Corn and Culture in the Prehistoric America*, editado por S. Johannessen y C. Hastorf, pp. 427-472. Westview Press, Boulder.
- Headland, T.N. y L.A. Reid  
1989 Hunter-gatherers and their neighbors from prehistory to the present. *Current Anthropology* 30:43-66.
- Heaton, T.  
1999 Spatial, species, and temporal variations in the <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C ratios of C<sub>3</sub> plants: Implications for paleodiets studies. *Journal of Archaeological Science* 26:637-649.
- Hedges, R. y L. Reynard  
2006 Nitrogen isotope and the trophic Level of human in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 34:1240-1251.
- Hernández, A.  
2002 Paleoetnobotánica en el sur de Mendoza. En *Entre Montañas y desiertos: Arqueología del sur de Mendoza*, editado por A. Gil y G. Neme, pp. 157-180. Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires.
- Johannessen S. y C. Hastorf, editores  
1994 *Corn and the Culture in the Prehistoric New World*. Westview Press, Boulder.
- Johnson, A. y R. Hard  
2008 Exploring Texas archaeology with a model of intensification. *Plains Anthropologist* 53:137-153.
- Johnson, A., A. Gil, G. Neme y J. Freeman  
2009 Maíces e intensificación: explorando el uso de los marcos de referencia. En *Teoría, Métodos y Casos de Estudio en Arqueología Evolutiva*, editado por G. López y M. Cardillo. Colección de Complejidad Humana, Editorial SB. Buenos Aires; en prensa.
- Kennett, D. y B. Winterhalder, editores  
2006 *Behavioral Ecology and the Transition to Agriculture*. University of California Press, Berkeley.
- Lagiglia, H.  
1974 Relaciones entre el Centro Oeste y el Noroeste argentino. *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael* 2 (3):103-118.



- 1999 Nuevos fechados radiocarbónicos para los agricultores incipientes del Atuel. *Actas del XII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, editado por C. Diez Marín, pp. 3:239-250. La Plata-Buenos Aires.
- Llano, C.  
2005 *Recursos Vegetales y Ocupaciones Humanas: Perspectivas Arqueobotánicas en el Sur de Mendoza*. Tesis de Licenciatura, Universidad del Aconcagua, Mendoza, Argentina.  
2009 Photosynthetic pathways, spatial distribution, isotopic ecology, and implications for Pre-Hispanic human diets in Central-Western Argentina. *International Journal of Osteoarchaeology* 19:130-143.
- Morales, M., R. Barberena, J.B. Belardi, L. Borrero, V. Cortegoso, V. Durán, A. Guerci, R. Goñi, Gil, G. Neme, H. Yacobaccio y M. Zárate  
2009 Reviewing human-environment interactions in arid regions of southern South America during the past 3000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281:283-295.
- Novellino, P., A. Gil, G. Neme y V. Durán  
2004 El Consumo de maíz en el Holoceno Tardío del oeste argentino: isótopos estables y caries. *Revista Española de Antropología Americana* 34:85-110.
- Planella, M. y B. Tagle  
2004 Inicios de presencia de cultígenos en la zona central de Chile, períodos Arcaico y Agroalfarero Temprano. *Chungara Revista de Antropología Chilena* volumen especial 1:387-399.
- Politis, G.  
1996 *Nukak*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SICH, Colombia.
- Prieto, M.  
1997-1998 Formación y consolidación de una sociedad en un área marginal del reino de Chile: la provincia de Cuyo en el siglo XVII. *Anales de Arqueología y Etnología* 52-53:11-366.
- Rindos, D.  
1984 *The Origins of Agriculture: An Evolutionary Perspective*. Academic Press, London.
- Schwarz, H.  
2006 Stable carbon isotope analysis and human diet: A synthesis. En *Histories of Maize*, editado por J. Staller, R. Tykot y B. Benz, pp. 315-321. Academic Press, London.
- Smith, B.  
1998 Between foraging and farming. *Science* 279:1651-1652.  
2001 The transition to food production. En *Archaeology at the Millennium. A Sourcebook*, editado por G. Feinman y T. D. Price, pp.199-229. Plenum Press, New York.
- Spielmann, K. y J. Eder  
1994 Hunters and farmers: Then and now. *Annual Review of Anthropology* 23:303-323.
- Staller, J., R. Tykot y B. Benz, editores  
2006 *Histories of Maize. Multidisciplinary Approaches to Prehistory, Linguistics, Biogeography, Domestication, and the Evolution of Maize*. Academic Press, London.
- Tieszen, L. y T. Fagre  
1993 Carbon isotopic variability in modern and archaeological maize. *Journal of Archaeological Science* 20:25-40.  
2006 Isotope analyses and the histories of maize. En *Histories of Maize*, editado por J. Staller, R. Tykot y B. Benz, pp. 131-142. Academic Press, London.
- van der Merwe, N. y J.C. Vogel  
1977 <sup>13</sup>C content of human collagen as a measure of prehistoric diet in Woodland North America. *Nature* 276:815-6.
- Zeder, M., D. Gradley, E. Emshwiller y B. Smith, editores  
2006 *Documenting Domestication: New Genetic and Archaeological Paradigms*. University of California Press, Berkeley.

