

# ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES EN INDIVIDUOS SUBADULTOS DEL SITIO ARQUEOLÓGICO LOS AMARILLOS (QUEBRADA DE HUMAHUACA, JUJUY)

Violeta Killian Galván<sup>1\*</sup> y Verónica Seldes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INGEIS. Instituto de Geocronología y Geología Isotópica. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina

<sup>2</sup>CONICET. Instituto Interdisciplinario Tilcara. Facultad de Filosofía y Letras (FFyL). Universidad de Buenos Aires (UBA). Argentina

**PALABRAS CLAVE** amamantamiento; destete;  $\delta^{13}\text{C}$ ;  $\delta^{15}\text{N}$ ; Quebrada de Humahuaca

**RESUMEN** Presentamos los resultados del análisis de isótopos estables en la fracción orgánica ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{co}}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ) e inorgánica ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ ) del registro óseo o dental de 22 individuos subadultos humanos hallados en el sitio arqueológico Los Amarillos (período de Desarrollos Regionales e Inca, provincia de Jujuy). Para el análisis isotópico se consideraron los estudios longitudinales en poblaciones actuales, los cuales han mostrado que durante los primeros meses de vida se detectan valores isotópicos afectados por el amamantamiento. Estos estudios requieren acotar al máximo los rangos

etarios de los individuos bajo análisis, lo cual, muchas veces es dificultoso dados los múltiples procesos tafonómicos que pueden fragmentar la muestra, así como también por los límites que presentan los métodos analíticos disponibles. No obstante, se ha podido inferir una edad de destete temprana, lo cual habría favorecido la disminución de los intervalos entre nacimientos, proceso acorde con el aumento demográfico propuesto para el período cronológico asociado a la ocupación del sitio arqueológico. *Rev Arg Antrop Biol* 19(2), 2017. doi:10.17139/raab.2017.0019.02.06

**KEY WORDS** breastfeeding; weaning;  $\delta^{13}\text{C}$ ;  $\delta^{15}\text{N}$ ; Quebrada de Humahuaca

**ABSTRACT** We show the results of stable isotope analysis of the organic ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{co}}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) and inorganic ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ ) fractions of bone or dental remains of 22 sub-adult human individuals found in Los Amarillos archaeological site (Regional Development and Inca periods, province of Jujuy). For reference, longitudinal studies in current populations were considered, which showed that during the first months of life isotope composition values are affected by breastfeeding. These studies require that the age ranges of the individuals under analysis should be set with utmost

precision, which is often difficult given the multiple taphonomic processes that may have fragmented the sample, as well as the limits of the analytical methods available. However, our results suggest that the sub-adult individuals analysed were weaned at a very early age, which could have favoured decreasing birth intervals. This evidence provides support to an earlier proposition that a demographic increase took place during the period of occupation of Los Amarillos. *Rev Arg Antrop Biol* 19(2), 2017. doi:10.17139/raab.2017.0019.02.06

El análisis de isótopos estables del carbono ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) y nitrógeno ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) ha sido ampliamente utilizado en arqueología para abordar un tema de gran importancia demográfica como es el amamantamiento y el proceso de destete (Tsutaya y Yoneda, 2015). La potencialidad de esta vía metodológica radica en que permite identificar los componentes predominantes en la dieta (Ambrose, 1993; Schoeninger, 1995), a diferencia de otros indicadores inespecíficos como son las tablas de mortalidad infantil y las líneas de hipoplasia del esmalte (Katzenberg et al., 1996).

La relación entre los modos de producción y la duración del amamantamiento ha sido un tópico recurrente en la arqueología, poniéndose a prueba las hipótesis derivadas de la existencia de una relación entre la duración del proceso del destete y la actividad productiva predominante, donde la introducción de la agricultura habría

traído alimentos más adecuados para los lactantes, acortando el período de amamantamiento y los intervalos entre nacimientos (Buikstra et al., 1986). No obstante, esta relación no se pudo sostener habida cuenta de los estudios etnográficos y arqueológicos realizados en los últimos 30 años (Fogel et al., 1989; Waters-Rist et al., 2011). En efecto, trabajos como los de Sellen y Smay (2001) no hallaron diferencias significativas en el momento en que se introducen alimentos suplementarios a la leche materna entre gru-

\*Correspondencia a: Violeta Killian Galván. Pabellón INGEIS. Ciudad Universitaria. C1428EHA Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina. E-mail: violetakillian@gmail.com

Financiamiento: Beca posdoctoral CONICET 2015-2017.

Recibido 19 Enero 2017; aceptado 2 Mayo 2017

doi:10.17139/raab.2017.0019.02.06

pos cazadores-recolectores y agricultores, aunque entre los primeros suele ser más prolongado el período de amamantamiento. No obstante, lo que sí parece ser evidente es que existe una relación entre la duración del amamantamiento y la composición demográfica, pues se ha señalado que la primera tiene consecuencias sobre la fertilidad del conjunto poblacional (Buikstra et al., 1986; Vitzhum, 1994; Tsutaya y Yoneda, 2015).

Aunque no se cuenta con evidencia que apoye una relación lineal que vincule las prácticas económicas, la lactancia materna exclusiva y el aumento demográfico, sí se encuentran mayormente vinculados. Por lo tanto, esta relación se presenta como una vía analítica útil para abordar el estudio de aquellas sociedades que se caracterizaron por un incremento exponencial de su población. En el caso del Noroeste argentino puede resultar particularmente informativo para períodos como el denominado Desarrollos Regionales (900-1430 d.C.), dado que se ha postulado para este período un aumento demográfico general y un proceso de concentración poblacional, con consecuentes implicancias en la organización social y política (Nielsen, 2001; 2007).

Para establecer el patrón de amamantamiento y destete en restos humanos, se requiere el análisis de las relaciones de isótopos estables de carbono y nitrógeno en restos óseos de individuos infantiles, niños y adultos (Fogel et al., 1989). Diferentes estudios longitudinales en poblaciones actuales que utilizaron tejidos inertes de humanos modernos (Fogel et al., 1989; Fuller et al., 2006) han mostrado que los infantes que se amamantan con leche materna de manera exclusiva tienen un enriquecimiento dual, tanto en el carbono (~1‰) como en el nitrógeno (2-3‰) en comparación a sus madres (Fuller et al., 2006). Durante el proceso de destete, los valores  $\delta^{13}\text{C}$  vuelven a aquellos maternos más rápidamente que en el caso de los valores  $\delta^{15}\text{N}$  (Fuller et al., 2006). Los valores  $\delta^{15}\text{N}$  de los infantes se incrementan rápidamente respecto a los valores hallados en sus madres, cayendo a medida que se van incorporando otros elementos y llegando a los valores maternos una vez que se ha concluido la lactancia. La combinación de ambos valores permite estimar, mediante el carbono, la introducción de alimentos sólidos, mientras que el nitrógeno permite monitorear el cese del consumo de leche materna (Fuller et

al., 2006). Si bien el estudio de los patrones de amamantamiento mediante el análisis isotópico utiliza el colágeno óseo y dental (Williams et al., 2005), también se ha recurrido a los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  medidos sobre la fracción mineral entre los lactantes, donde se presentan valores más bajos que aquellos hallados en colágeno. Esto último se debe a que la leche materna es rica en carbohidratos (en forma de lactosa) y lípidos (con una señal  $\delta^{13}\text{C}$  más baja) presentándose como una herramienta adicional para abordar el proceso de destete (Williams et al., 2005).

Resulta importante aclarar que los límites para la capacidad de inferencia sobre los patrones de amamantamiento mediante una metodología isotópica estarán dados por las mismas características de la muestra a abordar. Por ejemplo, se debe contar con restos humanos que posean suficiente completitud para establecer rangos etarios acotados, pues estos estudios establecen diferencias en períodos sutiles de tiempo. Atenta contra ello los procesos tafonómicos que pueden fragmentar la muestra y la falta de una estimación etaria basada en la erupción dental, ante la presencia únicamente de restos poscraneales. Asimismo, la variabilidad interpoblacional en el crecimiento y el desarrollo genera un margen de incertidumbre adicional.

Entendemos que una temprana introducción de alimentos en la dieta infantil puede estar asociada a una mayor independencia parental que permitiría la concepción de nuevos individuos, lo cual repercute de manera directa en la demografía. Por lo tanto, el siguiente trabajo discute los alcances interpretativos sobre una problemática compleja como es el proceso de destete a partir de los valores isotópicos del carbono ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) y nitrógeno ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) de una serie esquelética de individuos subadultos perteneciente al sitio arqueológico Los Amarillos. Este sitio resulta paradigmático para el período de Desarrollos Regionales en Quebrada de Humahuaca, pues es uno de los asentamientos conglomerados de mayores dimensiones que se conocen para la región.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los Amarillos (23°21'43,53" LS, 65°23'32,06" LO) se encuentra ubicado en la región fitogeográfica Prepuneña, a una altitud de

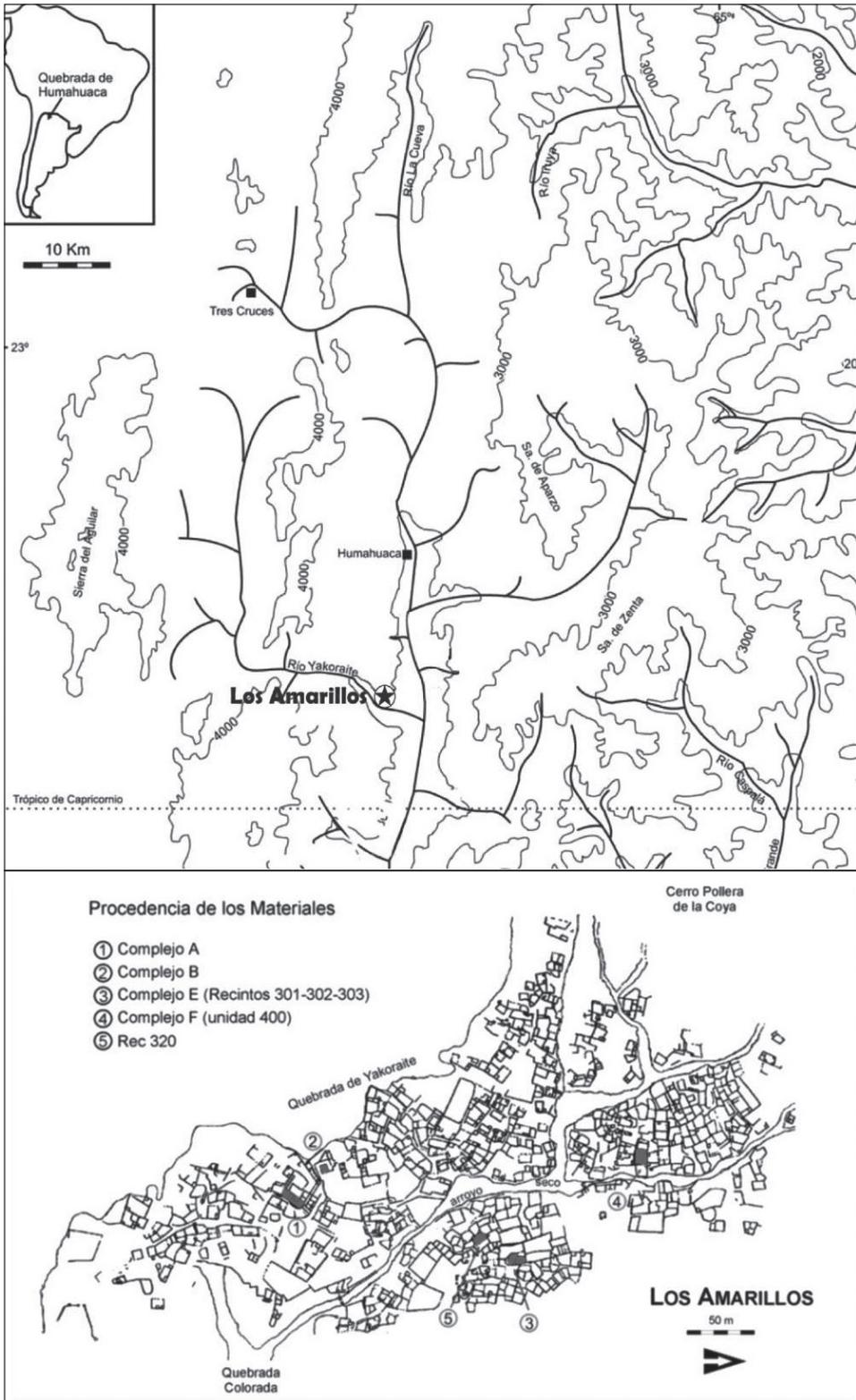


Fig. 1. Ubicación del sitio arqueológico Los Amarillos y su plano correspondiente con sectores de procedencia de las series esqueléticas.

3000msnm, sobre una meseta elevada en la margen izquierda del río Yacoraite, un afluente del río Grande de Humahuaca, en la provincia de Jujuy, Argentina (Fig. 1). Se trata de un poblado conglomerado de aproximadamente 10 hectáreas con una compleja estructura interna en la que se reconocen espacios públicos o plazas, áreas residenciales, vías de circulación interna jerarquizadas y zonas de descarte. Su ocupación se inicia durante el período de Desarrollos Regionales temprano (o PDRI, *ca.* 900-1250 d.C.), pero su mayor expansión corresponde al período de Desarrollos Regionales tardío (PDRII, *ca.* 1250-1430 d.C.), época en la que llegó a ser uno de los asentamientos más extensos de la región (Berardi, 2004; Nielsen, 2007). Durante el Período Inca (1430-1536 d.C.) se abandona gran parte del poblado, manteniéndose habitado sólo el sector central del mismo.

La muestra analizada se obtuvo mediante excavaciones realizadas en distintos sectores del sitio (Taboada y Angiorama, 2003; Nielsen, 2007). El Complejo A comprende una vivienda del período Inca situada en el Sector Central del sitio y formada por varias habitaciones distribuidas en torno a un gran patio. El conjunto doméstico se levanta sobre una plataforma artificial que durante el período de Desarrollos Regionales tardío alojaba un conjunto de estructuras ceremoniales que fueron derribadas e incendiadas al momento de la conquista imperial (Nielsen y Walker, 1999). Por su parte, el Complejo B formó parte del espacio público central del sitio durante el PDRII. Al igual que las estructuras preincaicas del Complejo A, los edificios del Complejo B fueron un espacio donde se realizaron prácticas rituales y fueron violentamente destruidos al momento de la conquista Inca. El Complejo E comprende tres estructuras domésticas (Recintos 301, 302 y 303) ubicadas en un área densamente edificada sobre una elevación en el Sector Este del asentamiento. Las excavaciones pusieron en evidencia varias superficies de ocupación superpuestas y eventos de remodelación de las estructuras (tabicados, clausura de accesos), así como lapsos en los que fueron utilizadas como receptáculo para el descarte de residuos y el entierro de difuntos. No obstante, todas las fechas radiocarbónicas sitúan la ocupación del complejo en el PDRII, lo que se corresponde con la total ausencia de

materiales de filiación Inca tanto en las excavaciones como en las recolecciones superficiales intensivas realizadas en el sector. Por su parte, el Complejo F (o Unidad 400), comprende una gran estructura techada -subdividida durante su ocupación- situada en el Sector Norte del sitio, un área residencial vecina al Sector Este. Se identificaron dos momentos de ocupación que, de acuerdo a los fechados radiocarbónicos asociados, se encontrarían comprendidos dentro del PDRII. Por último, el Recinto 320 comprende una gran estructura de uso doméstico también en el sector Este del sitio. Los restos óseos proceden de un rescate realizado en una tumba parcialmente saqueada donde, a partir de la limpieza del rasgo, se pudo establecer la presencia de un entierro múltiple en una fosa que fue cavada luego del abandono del recinto, atravesando el relleno acumulado, el piso de ocupación y parte del sustrato. Debemos señalar que la sepultura no incluía acompañamiento mortuario alguno.

Las características generales de los esqueletos, prácticas deformatorias del cráneo, junto con distintos indicadores de salud y estilo de vida, así como los enterratorios y sus acompañamientos mortuarios, fueron analizadas por Seldes (2012). Los materiales se encuentran alojados actualmente en el Instituto Interdisciplinario Tilcara (FFyL-UBA).

La serie esquelética de Los Amarillos se caracteriza por un número elevado de subadultos (54,4% de un total de 68 individuos). En muchos de los enterratorios correspondientes a este grupo etario, aunque fueron excavados de manera metódica y documentados correctamente, no se rescataron maxilares y/o piezas dentales. La estimación etaria se realizó basándose principalmente en el desarrollo dental, pero también en el esqueleto de los individuos, cuando sólo se contara con piezas esqueléticas poscraneales (Fazekas y Kosa, 1978; Buikstra y Ubelaker, 1994; Scheuer y Black, 2000). De este modo, se conformó una muestra de 22 individuos subadultos de cinco sectores del sitio arqueológico, todos ellos menores a los 15 años de edad al momento de su muerte.

En lo que respecta a las relaciones de los isótopos estables, estas utilizan la notación delta. En ella  $\delta^{13}\text{C}$  representa la diferencia entre la medición de la relación isotópica de interés y aquella de un patrón que en el caso del carbono

no es el carbonato Vienna-Pee Dee Belemnite. Debido a que esta diferencia es muy pequeña, dicha relación se expresa como partes por mil (‰), siguiendo la siguiente ecuación:

$$\delta^{13}C = \left( \frac{^{13}C/^{12}C_{\text{Muestra}}}{^{13}C/^{12}C_{\text{PDB}}} - 1 \right) \cdot 1000$$

En el caso de la relación de los isótopos del nitrógeno ( $^{15}N/^{14}N$ ) el patrón de referencia utilizado es el Ambient Inhalable Reservoir (AIR).

Las mediciones isotópicas y el pretratamiento de las muestras se realizaron en el Laboratorio de Isótopos ambientales del Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS/UBA-CONICET). La extracción de colágeno siguió las recomendaciones metodológicas de Tykot (2004) y para la extracción de la fracción inorgánica, se utilizaron los protocolos propuestos por Tykot (2004) y Garvie-Lok y colaboradores (2004). Para la medición de los valores de  $\delta^{13}C$  y  $\delta^{15}N$  en colágeno se utilizó un analizador elemental Carlo Erba EA1108 acoplado a un espectrómetro de masas para la determinación de relaciones isotópicas (IRMS) Thermo Scientific Delta V Advantage utilizando una interfaz ConFlo IV. El error analítico, basado en mediciones de patrones internos, es 0,2 ‰ para  $\delta^{13}C$  y  $\delta^{15}N$ . El análisis de la composición isotópica del carbono en hidroxiapatita se realizó empleando el método de ácido fosfórico desarrollado por McCrea (1950). El espectrómetro empleado fue un Delta S Finnigan Mat triple colector y el error analítico es 0,1 ‰ para  $\delta^{13}C$ .

Es importante aclarar que cuatro de los individuos pudieron ser medidos a partir de piezas dentales. Los valores isotópicos obtenidos para dichos individuos representan la edad al momento de la formación del tejido y no a la edad de muerte, aspecto que será considerado a la hora de la discusión de los resultados.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se listan los individuos subadultos analizados, junto a los valores  $\delta^{13}C$  en colágeno y apatita y  $\delta^{15}N$  obtenidos; además una síntesis de la estadística descriptiva. Todos los individuos mostraron relaciones C/N satisfactorias (entre 2,9 - 3,6; De Niro, 1985), y porcenta-

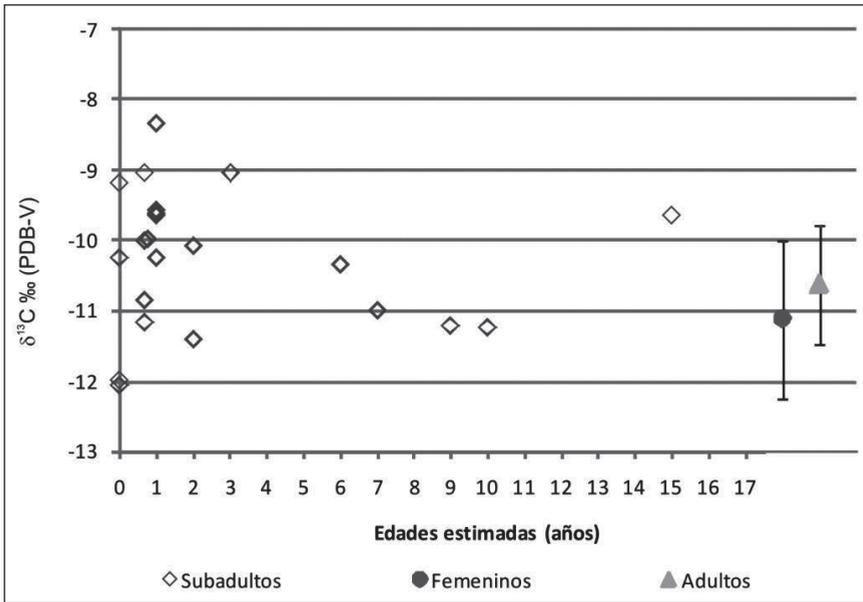
jes de rendimiento de colágeno óptimos (>1%; van Klinken, 1999).

En la Figura 2 se graficaron los valores  $\delta^{13}C$  en colágeno (co) por edad estimada al fallecer, incluyendo el valor medio obtenido de los adultos femeninos (n=5;  $\delta^{13}C_{\text{co}}$  -11,1±1,1‰) y de los adultos en general (n=20;  $\delta^{13}C_{\text{co}}$  -10,6±0,9‰) de la serie esquelética de Los Amarillos, valores que fueron publicados en Killian Galván y colaboradores (2016) de manera individual. Se trata de una muestra de individuos medidos mayoritariamente a partir de piezas óseas (n=12), aunque también dentales (n=8). Como se puede observar en la Figura 2 la variabilidad de los valores de los individuos entre 0 y 3 meses es mayor que aquella encontrada entre los adultos femeninos, existiendo incluso un caso, hallado en el Complejo A, que escapa a la dispersión hallada en adultos. Aunque si consideramos los valores máximos y mínimos del conjunto de valores femeninos y adultos en general ( $\delta^{13}C$  -12,7‰ y  $\delta^{13}C$  -9,7‰;  $\delta^{13}C$  -12,7‰ y  $\delta^{13}C$  -9,5‰, respectivamente; Killian Galván et al. 2016), la variación es prácticamente coincidente. El valor más positivo que la dispersión hallada en adultos, y esperable en los meses en los que ya se percibe valores más elevados por amamantamiento, probablemente sea consecuencia de la inclusión en este grupo de individuos con valores que reflejan el efecto trófico del amamantamiento. Entre los individuos que se encuentran en el rango de los ocho / nueve meses de edad también se exhiben tanto valores dentro de la dispersión de adultos, como por encima de ellos, aunque si consideramos los rangos mínimos y máximos de la distribución, sólo uno de ellos escapa a la distribución de valores. En el caso de los individuos de aproximadamente un año (con un error en la estimación de la edad estimado entre los cuatro y los seis meses), casi todos reflejan valores por encima de las dispersiones adultas, aunque, nuevamente, si consideramos la amplitud total de la distribución adulta, sólo uno de ellos escapa a dicha variación. En cambio, los dos individuos de dos años muestran valores equiparables a aquellos hallados en adultos. Lo mismo ocurre con el resto de los valores en subadultos, a excepción del individuo con una edad de aproximadamente 15 años, que ostenta un valor más positivo que la dispersión en adultos, aunque nuevamente, es similar al valor mínimo hallado en la distribución adulta.

**TABLA 1.** Valores isotópicos y estadística descriptiva de individuos subadultos hallados en el sitio arqueológico Los Amarillos

n°	Ubicación	Parte anatómica	Rango etario	AIE	$\delta^{13}\text{C}$ ( $\pm 0,1$ )	$\delta^{15}\text{N}$ ( $\pm 0,3$ )	C/N	AIE	$\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ ( $\pm 0,1$ )
1	Complejo A	húmero	0-3 meses	27496	-12.1	10.7	3.3	28769	-7.8
2	Complejo A	húmero	0-3 meses	27471	-9.2	12.1	3.4	28770	-3.1
3	Complejo E	omóplato	0-3 meses	31299	-10.3	12.1	3.3	33239	-6
4	Complejo E	omóplato	0-3 meses	31303	-12.0	11.3	3.2	33234	-6.4
5	Complejo A	tibia	8 meses	31290	-10.0	11.1	3.3	33237	-5.9
6	Complejo E	fémures	8 meses	31283	-10.9	10.4	3.3	33226	-5.7
7	Complejo B	costilla	8/9 meses	31300	-9.1	10.5	3.3	33235	-4.5
8	Complejo E	omóplato	9 meses	31298	-10.0	12.1	3.3	33229	-6.4
9	Complejo E	tibia	9 meses	31286	-11.2	10.1	3.3	33243	-5.5
10	Complejo B	costilla	~1 año	31297	-10.3	14.0	3.3	33240	-6.3
11	Unidad 400	Recinto 402	Cista 2	27480	-9.6	13.5	3.3	29105	-5.4
12	Unidad 400	Recinto 402	Cista 1	31302	-9.6	13.2	3.2	33232	-5.7
13	Complejo E	costilla	1±4 años	31289	-8.3	13.1	3.3	33242	5.0
14	Complejo E	costilla	1±6 años	31301	-9.6	13.1	3.3	33238	-5.1
15	Unidad 400	Recinto 402	Cista 2	27481	-11.4	10.3	3.2	29103	-5.0
16	Complejo E	1° molar temporal	2 años	31679	-10.1	12.0	3.2	sin análisis	
17	Complejo E	costilla	3 años	31284	-9.1	9.5	3.3	33241	-4.1
18	Complejo E	1° molar temporal	~6 años	31678	-10.4	13.2	3.2	sin material	
19	Unidad 400	Recinto 402	Cista 2	27472	-11.0	9.7	3.2	28766	-4.9
20	Unidad 400	Recinto 402	Cista 2	27475	-11.2	9.8	3.3	sin material	
21	Unidad 400	Recinto 402	Cista 1	31674	-11.3	10.9	3.2	33636	-4.5
22	Complejo E	Recinto 303	costilla	31282	-9.7	9.4	3.3	sin análisis	
		Media			-10.3	11.5			-5.4
		d.e.			1.0	1.5			1.1
		Min.			-12.1	9.4			-7.8
		Máx.			-8.3	14.0			-3.1

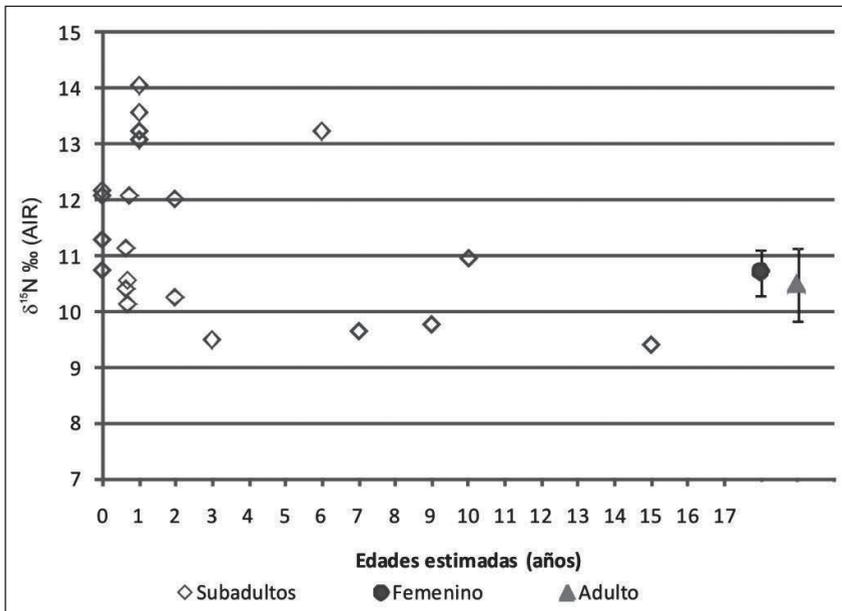
AIE:código de laboratorio interno (INGEIS/UBA-CONICET);  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ =colágeno;  $\delta^{13}\text{C}$ =oséano;  $\delta^{15}\text{N}$ =colágeno;  $\delta^{15}\text{N}$ =oséano; C/N:relación carbono/nitrógeno.



**Fig. 2.** Composición isotópica del carbono en la fracción orgánica del registro esquelético del sitio Los Amarillos considerando la edad de los individuos al momento de su muerte. Se incluye el valor medio y desvío estándar de individuos femeninos y adultos en general.

Con respecto a los valores  $\delta^{15}\text{N}$  (Fig. 3) los estudios sobre amamantamiento muestran en general valores para neonatos similares a aque-

llos encontrados en adultos femeninos, los cuales se vuelven positivos rápidamente, alcanzando un nivel trófico por encima de la media de los

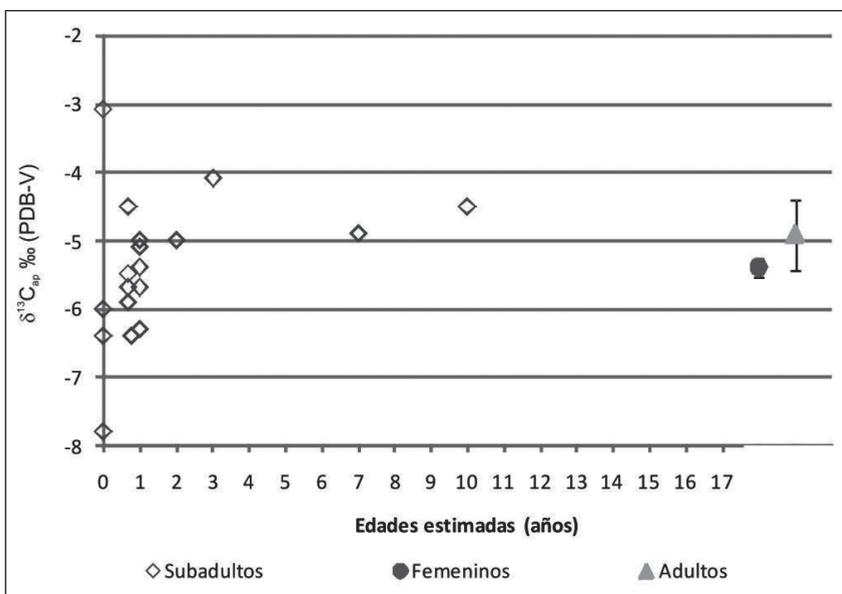


**Fig. 3.** Composición isotópica del nitrógeno en la fracción orgánica del registro esquelético del sitio Los Amarillos considerando la edad de los individuos al momento de su muerte. Se incluye el valor medio y desvío estándar de individuos femeninos y adultos en general.

adultos femeninos para luego, a una edad variable, ir disminuyendo a medida que se integran otros recursos alimenticios en la dieta (Fuller et al., 2006). En este caso, se cumple la expectativa de manera parcial, pues si consideramos los valores medios de individuos femeninos ( $n=5$ ;  $\delta^{15}\text{N}$   $10,7\pm 0,4\text{‰}$ ) y de adultos en general ( $n=20$ ;  $\delta^{15}\text{N}$   $10,5\pm 0,6\text{‰}$ ) la mayor parte de las observaciones ubicadas en el rango entre 0 y 3 meses, muestran valores positivos probablemente afectados por el efecto trófico del amamantamiento, sin embargo, la curva de distribución se aparta de aquella esperada. En parte, puede deberse al atribuirle una misma edad (0) a individuos entre 0 hasta tres meses de edad, como se indicó anteriormente, mostrando así una señal más positiva que la materna. Esta distribución incluso ostenta valores más bajos entre los individuos que tienen entre ocho / nueve meses, para crecer un nivel trófico ( $\sim 3\text{‰}$ ) entre los individuos que poseían aproximadamente un año al momento de muerte. Por su parte, entre los dos individuos de dos años analizados, uno posee un valor coherente con la introducción temprana de alimentos por fuera del amamantamiento, pero aún consumiendo leche materna. El otro valor, sin embargo cae en la distribución de aquellos hallados entre adultos. El individuo de tres años

muestra, asimismo, un valor por debajo de las distribuciones de adultos, no así, el individuo que le sigue en edad de aproximadamente seis años. Remarcamos que este último fue medido a partir de una pieza dental (molar deciduo), representando una etapa de vida más joven que aquella de su muerte, precisamente, la etapa umbral de la lactancia (aproximadamente los dos años). El resto de los individuos subadultos, incluso aquel de aproximadamente 15 años, muestran valores dentro o por debajo de la dispersión isotópica adulta considerando la media y desvío estándar. No obstante, si consideramos los rangos máximos y mínimos de los valores en adultos femeninos ( $n=5$ ;  $\delta^{15}\text{N}$   $11,3$  y  $10,3\text{‰}$ ) y adultos en general ( $n=20$ ;  $\delta^{15}\text{N}$   $9,4$  y  $11,9\text{‰}$ ), se reduce el número de subadultos con valores por fuera de la distribución adulta.

En el caso de los valores isotópicos del carbono en la fracción mineral (Fig. 4) se halló una distribución llamativa entre los individuos entre 0 y 3 meses, dado que exhiben la mayor amplitud en el rango de valores. Los que dan esta amplitud al subconjunto ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$   $-3,1\text{‰}$  y  $-7,8\text{‰}$ ), provenientes de individuos hallados en el sector incaico de la ocupación (este aspecto lo retomaremos más adelante). El resto de los individuos entre 0 y 3 meses exhibe valores ba-



**Fig. 4.** Composición isotópica del carbono en la fracción inorgánica del registro esquelético del sitio Los Amarillos considerando la edad de los individuos al momento de su muerte. Se incluye el valor medio y desvío estándar de individuos femeninos y adultos en general.

jos, esperables para aquellos que estaban siendo amamantados. Lo mismo ocurre con parte de la muestra de individuos de entre ocho/nueve meses y aquellos individuos de aproximadamente un año. No obstante, también se encontraron individuos que muestran iguales valores que los hallados entre los adultos si consideramos el valor medio y desvío estándar. Resulta importante destacar que el único individuo que pudo ser medido en esta fracción con una edad estimada en dos años posee un valor igual a la media hallada en adultos y el individuo de tres años exhibe un valor +1‰ más positivo que dicha media.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos nos permiten fortalecer la hipótesis de una temprana introducción de alimentos entre los lactantes, a pesar del estado fragmentado y el pequeño número de individuos que componen la muestra, sobre todo, por la escasa representación de infantes pertenecientes al umbral crítico para el destete, es decir entre los 18 y 20 meses (Fogel et al., 1989).

Es necesario aclarar que a nivel metodológico, el deterioro de la muestra impidió que se acotaran los rangos etarios, lo cual tuvo como probable consecuencia la presencia de individuos clasificados dentro del rango entre 0 y 3 meses que ya poseían una señal isotópica, tanto en carbono como nitrógeno, bajo un probable efecto trófico por el consumo de leche materna. Por otro lado, al poder disponer sólo de piezas dentales para cuatro de los individuos muestreados, los valores isotópicos obtenidos para dichos individuos representan la edad al momento de la formación del tejido y no a la edad de muerte. No obstante, a pesar de su imprecisión, este último elemento puede ser útil para responder las preguntas planteadas, como veremos más adelante.

El primer elemento que permite identificar una temprana introducción de alimentos entre los lactantes son los valores isotópicos hallados entre los individuos de entre ocho y nueve meses. Presentan señales isotópicas similares a aquellas encontradas en la dispersión de adultos, lo cual es contrario a las expectativas generadas a partir de los estudios de dieta controlada y los casos arqueológicos ya citados (Fogel et al., 1989; Fuller et al., 2006). Es decir, a diferencia

de lo esperado los individuos no presentan un incremento en la señal isotópica a pesar de estar siendo amantados de manera exclusiva. En los estudios longitudinales realizados entre madres y lactantes actuales (Fuller et al. 2006), este escenario se correspondería con una introducción de alimentos entre los cuatro y los cinco meses de edad, con una abrupta caída de la señal isotópica entre los infantiles al punto de ser similar a la de las madres. Si este escenario, en parte especulativo, fuese el correcto, estos individuos habrían estado bajo múltiples estresores, entre los cuales se destacan el reemplazo de la leche materna por un alimento de calidad proteica inferior y la exposición a patógenos mediante la misma ingesta de recursos exógenos. De este modo, habrían lidiado tempranamente con causales directas de la mortalidad infantil. No obstante, debe señalarse que nuestros análisis, a diferencia de los estudios longitudinales citados, se realizaron sobre datos provenientes de huesos y dientes que poseen ventanas temporales de integración isotópica largas. Los tejidos semi-instantáneos y sin remodelación, como es el caso del pelo y uñas utilizados en los trabajos citados, conforman ventanas temporales más acotadas.

En segundo lugar, se encuentran las mediciones de los individuos de aproximadamente un año. En este caso los valores de carbono y nitrógeno se comportan de manera diferente. En el caso de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{co}}$ , solo tres individuos presentan valores más positivos que el rango hallado entre los adultos, lo mismo ocurre en  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ , pero con una señal más baja, esperable para lactantes, pero próxima a los valores adultos. En el caso de los valores  $\delta^{15}\text{N}$  en su totalidad resultaron más positivos. Este escenario concuerda con una práctica que incluyó la introducción de alimentos antes del año, pero no de manera total, dado que aún persiste la señal del efecto trófico por amamantamiento en el nitrógeno, debido probablemente a la calidad proteica de la leche materna en relación a otro tipo de recursos suplementarios.

En tercer lugar, los dos individuos de entre dos y tres años que fueron medidos isotópicamente en piezas óseas presentan valores cercanos a los de adultos. De hecho, los valores  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$  entre los lactantes se encuentra más empobrecido que su contraparte en colágeno, dadas las

características ya mencionadas de la leche materna (Whitney y Rolfes, 2002; Williams et al., 2005). Dado que el aporte proteico de la leche materna es cada vez menor, podemos postular que un enriquecimiento en la señal  $^{13}\text{C}$  en la fracción inorgánica en individuos que se encuentran en proceso de destete, podría indicar una introducción más o menos temprana de alimentos como el maíz. Es el caso del individuo de tres años que presenta un valor  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$  notoriamente positivo. No obstante, los valores isotópicos que se obtuvieron de los individuos que fueron medidos a partir del primer molar decíduo, con edades al momento de la muerte de dos y seis años aproximadamente, presentan valores de lactantes. Considerando que esta pieza dental se forma durante el primer año y medio de vida, en el primer caso, los valores corresponderían a una introducción más relevante de alimentos por fuera de la leche materna, mientras que en el segundo, la importancia de la lactancia debió ser aún superior a otros recursos exógenos durante ese período de vida. Retomado lo dicho anteriormente acerca del riesgo de mortalidad en la introducción temprana de alimentos para destetar a los lactantes, estos individuos, que probablemente fueron amamantados hasta los 18 meses, superaron exitosamente esta etapa.

En el caso de los juveniles, los valores se hallan dentro de la dispersión de valores adultos. Debemos destacar que estudios previos en este rango etario presentaron valores en  $\delta^{15}\text{N}$  más empobrecidos en relación a la edad adulta (Schurr, 1997; Tessone et al., 2010). Esta diferencia fue explicada mediante un proceso metabólico, relacionado con una demanda más elevada de nitrógeno entre los individuos juveniles que atraviesan la edad de crecimiento. En este caso, las mediciones isotópicas de los individuos de alrededor de nueve y diez años fueron realizadas sobre dientes incisivos permanentes, con lo cual, no podemos evaluar qué señal isotópica se corresponde con los individuos juveniles al momento de la muerte. Sin embargo, podemos asumir que durante el tiempo de formación de estas piezas dentales, entre alrededor de los dos y los siete años, estos individuos sobrevivientes de la niñez, tuvieron una alimentación similar a aquella hallada entre los adultos.

Resulta notorio el caso del adolescente de la

muestra que presenta un valor  $\delta^{15}\text{N}$  en el umbral de la dispersión de adultos. Este individuo posee también un valor  $\delta^{13}\text{C}_{\text{co}}$  notablemente positivo, con lo cual, podemos suponer que los valores presentados se deban a un bajo contenido cárnico en su dieta, antes que a su metabolismo. Al desconocer las causas de la muerte, no podemos afirmar que haya estado expuesto a una mayor morbilidad por una baja ingesta proteica. Pero es un aspecto que debería ser profundizado en el futuro.

Más allá de la problemática que nos compete en este trabajo, deseamos resaltar otro aspecto. Si bien sabemos que los valores en perinatos imitan, pero no son exactamente iguales, a los valores que presentaban sus madres, es llamativa la presencia de valores  $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$  bajo este rango etario tan extremo respecto al conjunto de la muestra total, ya sea por encontrarse empobrecidos ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}} -7,8\text{‰}$ ), como enriquecidos ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}} -3,1\text{‰}$ ). Estos individuos corresponden a la ocupación incaica en el Complejo A, es decir, luego que el área fuera violentamente destruida con el advenimiento imperial (Nielsen y Walker, 1999). Nos preguntamos si pudieron pertenecer a poblaciones que ocuparon otras áreas, con hábitos alimenticios diferentes.

## CONCLUSIONES

El estudio de isótopos estables de carbono y nitrógeno, permite discutir la introducción de fuentes alimenticias alternativas a la leche materna en infantes y la duración en sí del amamantamiento. No obstante, para obtener resultados robustos, se deben considerar para el análisis, individuos sobre los que se pueda estimar la edad al momento de muerte de manera precisa.

La muestra aquí analizada adolece de suficiente completitud para acotar los rangos etarios de los individuos al momento de la muerte, dado que muchos sólo cuentan con el esqueleto poscraneal. No obstante, tenemos elementos para afirmar que los individuos analizados que transitaban su paso desde la infancia a la niñez, tuvieron una inclusión temprana de alimentos, es decir, antes de cumplir los 12 meses, siendo muy probablemente el complemento alimentario, un recurso de patrón fotosintético C4, como puede ser una papilla a base de maíz. Asimismo, pasada la infancia, los valores isotópicos indi-

caron que los niños y juveniles de la muestra consumieron los mismos tipos de alimentos que los adultos.

Con esto no queremos afirmar que haya sido el patrón habitual de destete, pues, el análisis sobre poblaciones esqueléticas tiene un sesgo de mortalidad inherente, con lo cual sería un error realizar una inferencia directa, a partir de aquellos individuos que no superaron una etapa tan traumática como es el destete. Justamente, estos individuos pudieron tener una dieta diferente al resto o estar malnutridos. Por lo tanto, en el futuro, para comprender las prácticas de amamantamiento durante el período de Desarrollos Regionales en Quebrada de Humahuaca realizaremos estudios isotópicos intra-individuales (como los propuestos en Waters-Rist et al., 2011) que permitan documentar los cambios en la dieta a lo largo de la vida de los subadultos y de este modo superar el sesgo inherente que posee el estudio con no sobrevivientes de este proceso.

## AGRADECIMIENTOS

A Axel E. Nielsen por permitirnos realizar este trabajo. A las autoridades y trabajadores del Instituto Interdisciplinario Tilcara (FFyL-UBA), por permitirnos acceder a los materiales allí alojados. A Estela Ducós, Mariana Cagnoni y Nazareno Piperizza (INGEIS/UBA-CONICET) por los trabajos en laboratorio. A Analía González Simonetto, Alfonsina Salvarredy, Celeste Samec y Augusto Tessone por sus recomendaciones bibliográficas y sugerencias. A Malena Pirola por la revisión del inglés del resumen del trabajo. Por último, agradecemos a dos evaluadores anónimos que enriquecieron notablemente una primera versión de este trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Ambrose SH. 1993. Isotopic analysis of paleodiets: Methodological and interpretive considerations. En: Sandford MK, editor. *Investigations of ancient human tissue. Chemical analysis in anthropology*, Pennsylvania: Gordon and Breach Science Publishers. p 59-130.
- Berardi M. 2004. *Historia ocupacional de Los Amarillos (Quebrada de Yacoraita, Jujuy)*. Análisis del material arqueológico de superficie mediante SIG. Tesis de Licenciatura Inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Buikstra JE, Konigsberg LW, Bullington J. 1986. Fertility and the development of agriculture in the prehistoric midwest. *Am Anthropol* 51(3):528-546. doi:10.2307/281750
- Buikstra JE, Ubelaker DH. 1994. Standards for data collection from human skeletal remains. Fayetteville: Arkansas Archaeological Survey Research Series N° 44.
- De Niro M. 1985. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature* 317:806-809. doi:10.1038/317806a0
- Fazekas IG, Kosa F. 1978. *Forensic fetal osteology*. Budapest: Akademiai Kiado.
- Fogel ML, Tuross N, Owsley DW. 1989. Nitrogen isotope tracers of human lactation in modern and archaeological populations. *Carnegie Institution of Washington Yearbook* p111-117.
- Fuller BT, Fuller JL, Harris DA, Hedges REM. 2006. Detection of breastfeeding and weaning in modern human infants with carbon and nitrogen stable isotope ratios. *Am J Phys Anthropol* 129:279-293. doi:10.1002/ajpa.20249
- Garvie-Lok S, Varney TL, Katzenberg MA. 2004. Acetic acid pretreatment of bone carbonate: the effects of treatment time and solution concentration. *J Arch Sci* 31:763-776. doi:10.1016/j.jas.2003.10.014
- Katzenberg MA, Herring D, Saunders SR. 1996. Weaning and infant mortality: evaluating the skeletal evidence. *Yearb Phys Anthropol* 39:177-199. doi:10.1002/(SICI)1096-8644(1996)23+<177::AID-AJPA7>3.0.CO;2-2
- Killian Galván V, Seldes V, Nielsen AE. 2016. Inferencia paleodietaria en el sitio arqueológico los amarillos (Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina). *Relaciones* 41(1):79-99.
- McCrea JM. 1950. On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. *J Chem Phys* 18:849-857. doi:10.1063/1.1747785
- Nielsen AE. 2001. Evolución social en Quebrada de Humahuaca (AD 700-1536). En: Berberian E, Nielsen AE, editores. *Historia Argentina Prehispánica, Tomo I. Córdoba: Ed. Brujas*. p 171-264.
- Nielsen AE. 2007. Celebrando con los antepasados: arqueología del espacio público en Los Amarillos (Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina). Buenos Aires: Mallku Ediciones.
- Nielsen A, Walker WH. 1999. Conquista ritual y dominación política en el Tawantinsuyu: el caso de Los Amarillos (Jujuy, Argentina). En: Zarankin A, Acuto F, editores. *Sed non satiata: Teoría social en la arqueología latinoamericana contemporánea*. Buenos Aires: Ediciones del Tridente. p 153-169.
- Scheuer L, Black S. 2000. *Developmental juvenile osteology*. Londres: Academic Press.
- Schoeninger MJ. 1995. Stable isotopes studies in human evolution. *Evol Anth* 4(3):83- 98. doi:10.1002/evan.1360040305
- Schurr MR. 1997. Stable nitrogen isotopes as evidence for the age of weaning at the Angel site: a comparison of isotopic and demographic measures of weaning age. *J Arch Sci* 24(10):919-927. doi:10.1006/jasc.1996.0171
- Seldes V. 2012. *Hacia una bioarqueología social. La Quebrada de Humahuaca en perspectiva histórica*. España: Editorial Académica Española.
- Sellen DW, Smay DB. 2001. Relationship between subsistence and age at weaning in "preindustrial" societies. *Hum Nat* 12:47-87. doi:10.1007/s12110-001-1013-y
- Taboada C, Angiorama C. 2003. Buscando los indicadores arqueológicos de la unidad doméstica. *Cuadernos FHYCS-UNJu* 20:393-407.
- Tessone A, García Guraieb S, Goñi RA, Panarello HO. 2010. Isotopic evidence of weaning in hunter-gatherers

- from the late Holocene in lake Salitroso, Patagonia, Argentina. *Am J Phys Anthropol* 158(1):105-115.
- Tsutaya T, Yoneda M. 2015. Reconstruction of breastfeeding and weaning practices using stable isotope and trace element analyses: a review. *Am J Phys Anthropol* 156(S59):2-21. doi:10.1002/ajpa.22657
- TykotRH. 2004. Stable isotopes and diet: you are what you eat. En: Martini, M, Milazzo M, Piacentini M, editores Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi" Course CLIVE. Amsterdam, IOS Press.
- van Klinken GJ. 1999. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *J Arch Sci* 26(6):687-695. doi:10.1006/jasc.1998.0385
- Vitzhum VJ. 1994. Comparative study of breastfeeding structure and its relation to human reproductive ecology. *Yearb Phys Anthropol* 37:307-349. doi:10.1002/ajpa.1330370611
- Waters-rist AL, Bazaliiskii VI, Weber AW, Katzenberg MA. 2011. Infant and child diet in Neolithic hunter-fisher-gatherers from cis-baikal, Siberia: Intra-long bone stable nitrogen and carbon isotope ratios. *Am J Phys Anthropol* 146(2):225-241. doi:10.1002/ajpa.21568
- Whitney EN, Rolfes SR. 2002. Understanding nutrition. California: Wadsworth Group.
- Williams JS, White CD, Longstaffe, FJ. 2005. Trophic level and macronutrient shift effects associated with the weaning process in the Postclassic Maya. *Am J Phys Anthropol* 128(4):781-790.