

REVISTA DE BIODARQUEOLOGÍA "ARCHAEOBIOS" Nº 6 Vol. 1, Año 2012
ISSN: 1996-5214

ARCHAEOBIOS



www.arqueobios.org

REVISTA DE BIOARQUEOLOGÍA

“ARCHAEOBIOS”

Nº 6 Vol. 1, Año 2012

DIRECTOR:

Víctor F. Vásquez Sánchez (ARQUEOBIOS).

COMITÉ EDITORIAL:

Teresa Rosales Tham (Universidad Nacional de Trujillo, Perú).

Gabriel Dorado Pérez (Universidad de Córdoba, España).

Eduardo Corona Martínez (INAH, Cuernavaca, Morelos-México).

César Gálvez Mora (Ministerio de Cultura, Trujillo-Perú).

Isabel Rey Fraile (Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, España).

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Daniel Saúl Otiniano Q. (Universidad Nacional de Trujillo, Perú).

INFORMACIÓN ADICIONAL:

Revista de Ciencias Aplicadas.

Publicación Anual.

Indización: Los artículos publicados en **ARCHAEOBIOS** son indizados por:

- DOAJ (Directory of Open Access Journals).
- LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal).
- Google Scholar.
- DIALNET (Universidad de Rioja, España).
- EBSCO Publishing.

DERECHOS DE AUTOR: Los artículos firmados son de responsabilidad exclusiva de sus autores y no comprometen necesariamente el punto de vista de la revista. Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta revista puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación y sistema de recuperación, sin permiso escrito del editor.

PATROCINADORES: La publicación de la revista **ARCHAEOBIOS** es financiada por el Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas - “ARQUEOBIOS”.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú Nº 2007-07279

Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas

“ARQUEOBIOS”

Apartado Postal 595, Trujillo, Perú

Teléfono: +51-44-949585847

URL: <http://www.arqueobios.org>

CARÁTULA: Escenario marino con “llamas” consumiendo algas marinas como parte de su dieta.

CONTENIDO

•	INTRODUCCIÓN	1
•	ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	5
	<i>Alimentación de camélidos sudamericanos en los sitios formativos de Cardonal y Bordo Marcial (Catamarca, Argentina): Una aproximación isotópica.</i>	5
	María Gabriela Srur, Andrés D. Izeta y María Cristina Scattolin	
	<i>Pruebas zooarqueológicas e isotópicas de crianza local de camélidos en la Zona Urbana Moche, complejo arqueológico Huacas del Sol y la Luna (Trujillo-Perú)</i>	19
	Víctor F. Vásquez; Teresa Rosales; Isabel Rey y Gabriel Dorado	
	<i>Evidencias de trauma en el periodo formativo en el valle de San Francisco, Jujuy, Argentina</i>	33
	Ortiz María Gabriela, Seldes Verónica, Bosio Luis	
•	ARTÍCULOS DE REVISIÓN	53
	<i>Estado actual de la aplicación de los marcadores biogeoquímicos en paleoecología de mamíferos del pleistoceno tardío de México</i>	53
	Víctor Adrián Pérez-Crespo, Joaquín Arroyo-Cabrales, Luis Alva-Valdivia, Pedro Morales-Puente, Edith Cienfuegos-Alvarado y Francisco J. Otero.	
	<i>The applications of stable isotope research in Canada's archaeological past: reconstruction of ancient diets in the northwest Pacific coast, the Canadian Prairies and southern Ontario</i>	66
	Claire Venet-Rogers	
	<i>Isotopes in archaeology - Review</i>	79
	Gabriel Dorado, Teresa E. Rosales, Fernando Luque, Francisco Javier S. Sánchez-Cañete, Isabel Rey, Inmaculada Jiménez, Arturo Morales, Manuel Gálvez, Jesús Sáiz, Adela Sánchez, Víctor F. Vásquez, Pilar Hernández	
•	FOTOGALERÍA DE BIOARQUEOLOGÍA	92
	<i>Evidencias zooarqueológicas y escultóricas de pesca oceánica en la costa norte</i>	92
	Víctor F. Vásquez, Eisei Tsurumi, Thomas Pozorski, Shelia Pozorski, Teresa Rosales	
•	OBITUARIO	97
	<i>Duccio Bonavía (1935-2012)</i>	97
	César Gálvez Mora	
•	LIBROS PUBLICADOS	99
•	POLÍTICA EDITORIAL	100



INTRODUCCIÓN

Introducción

Hemos llegado al sexto número anual de la revista ARCHAEOBIOS, que está adscrita al Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas "ARQUEOBIOS". El tema central de este número está referido a las investigaciones con isótopos estables para conocer la paleodieta de los camélidos de sitios andinos y también costeros. Hay artículos que brindan un panorama del potencial que ofrecen estos estudios, tanto en Norteamérica (Canadá) y Mesoamérica (México), en diversas áreas relacionadas con temas antiguos.

En nuestro medio son escasas, por no decir nulas, las investigaciones referidas al uso de los isótopos estables para tratar de conocer aspectos de la dieta de las poblaciones antiguas, más aún en el caso particular de los camélidos. La mayoría de estudios que se han realizado es por el interés que han tenido profesionales extranjeros en determinados temas antropológicos y también para conocer la dieta y los movimientos de los rebaños de camélidos.

Los isótopos estables son utilizados actualmente para el control de la calidad de los alimentos, en ecología, arqueología, paleoclimatología, y constituye una herramienta muy importante que ha conseguido por ejemplo descubrir que la Luna tiene un origen a partir de un fuerte impacto, donde los isótopos del Zinc (Zn), a partir de rocas traídas por la misión Apolo, tenían valores muy bajos, que prácticamente volatilizaron este metal, por el exceso de calor producido en el impacto.

Uno de los pioneros en estudios con isótopos estables para conocer la dieta de los mamíferos y en forma especial, la dieta de los camélidos prehispánicos, fue Michael J. DeNiro en la década del 70. Los primeros valores obtenidos por DeNiro indicaban que los camélidos prehispánicos estaban consumiendo algas marinas. Estudios posteriores confirmaron no solo a nivel isotópico, sino también con estudios microscópicos de sus coprolitos, que estos herbívoros eran tan versátiles con su dieta y que consumían algas marinas.

Posteriormente se han sucedido diversos estudios con isótopos estables para conocer no solo la dieta de estos herbívoros (isótopos de carbono y nitrógeno), sino también su origen geográfico (isótopos de estroncio). En Sudamérica son los arqueólogos argentinos los que han tenido el máximo suceso con estudios de isótopos estables. Los equipos de Izeta, Yacobaccio y Mengoni, han podido obtener valiosos datos de la dieta y movilidad de estos herbívoros, y por lo tanto un mejor conocimiento del pastoralismo prehispánico de Argentina.

Con estos antecedentes, decidimos en el 2004 iniciar no solo estudios genético-moleculares con los huesos de los camélidos del Proyecto Arqueológico Huacas del Sol y la Luna, sino también iniciamos los primeros estudios isotópicos de restos de camélidos de la época Moche, conducidos por investigadores locales. Los resultados podrán apreciarlos en este número que estamos publicando y que ayudaran en el futuro a un mejor conocimiento de la historia natural de estos herbívoros.

El potencial que ofrecen los diversos sitios moche en la costa norte, para realizar estudios isotópicos es muy grande, pero merece realizarlo dentro de una planificada y ordenada investigación zooarqueológica y arqueobotánica también. El estudio microscópico de los coprolitos asociados a los restos óseos de los camélidos, debe ser otra herramienta poderosa para verificar los resultados químicos, y debe ser obligatorio presentar resultados de este tipo de estudios.

El primer artículo de este nuevo número de ARCHAEOBIOS, esta referido a la dieta de los camélidos sudamericanos de dos sitios formativos de Catamarca en Argentina. Srur, Izeta y Scattolin, a partir de muestras arqueológicas de camélidos de los sitios Cardonal y Bordo Marcial, concluyen que la alimentación de los camélidos en esta época, era de características mixtas, es decir estaban consumiendo plantas C_3 y plantas C_4 . Estos resultados, permitieron discernir sobre los patrones observados en otros sitios arqueológicos de tierras altas. También el artículo ofrece información botánica, donde se indica que plantas utilizan la vía metabólica (fotosíntesis) C_3 y cuales la C_4 . Esto es valioso porque permite al lector enriquecer su conocimiento sobre la variedad de pastos que estos herbívoros consumieron. De esta forma el artículo del equipo de Izeta, aporta nuevamente con datos para la ecología isotópica regional y la dieta de los camélidos del formativo en Argentina.

Los conocimientos que tenemos sobre los camélidos de la época moche son variados, especialmente los referidos a perfiles etarios y osteometría. A la fecha son escasas las investigaciones utilizando isótopos estables para conocer su dieta y origen geográfico. Nuevamente indicamos que hay un alto potencial de materiales óseos de diferentes sitios moche, que pueden permitir conocer más sobre la ecología donde vivieron estos herbívoros y después desaparecieron.

En el artículo de Vásquez, Rosales, Rey y Dorado, estamos demostrando como una buena investigación zooarqueológica, nos lleva a relacionar los datos de la identidad de los camélidos con los valores isotópicos obtenidos y además estamos ubicando a estos en el nivel trófico que les correspondía en el pasado. Lamentablemente algunos sitios moche, tienen la particularidad tafonómica de presentar una buena conservación a nivel morfológico, pero una mala conservación a nivel molecular (ADN y colágeno degradado). Aún cuando los datos del ADN antiguo son difusos, precisamente por la mala conservación a nivel molecular (ADN muy degradado), hemos podido aislar colágeno de cuatro muestras.

Los valores isotópicos de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$, de dos llamas y dos alpacas, indican que una alpaca estaba consumiendo plantas marinas (posiblemente algas), una llama y una alpaca, consumían plantas C_4 es decir pastoreaban lejos de la orilla marina, y una llama posiblemente consumía plantas C_3 y C_4 . Nuestros datos concuerdan con los obtenidos por DeNiro, Thornton y Szpack, y también con información etnohistórica y de análisis de coprolitos de una muestra del formativo, donde se encontraron diatomeas marinas, dentro de los coprolitos de los camélidos, evidencia de consumo de algas marinas.

Por lo tanto el artículo propone que los camélidos del sitio Zona Urbana Moche en Huaca de la Luna, tenían varias opciones en las ecologías para el pastoreo, tanto la orilla de la playa y la parte media del valle de moche, posiblemente cerca de los ecosistemas lomaes. Los datos isotópicos de nitrógeno, nos han permitido ubicar a las cuatro muestras en el nivel trófico que tenían en el pasado. La evidencia etnohistórica de la dieta de los camélidos en el valle de Virú, demostraba que los camélidos consumieron gramíneas como “grama salada” *Distichlis spicata* y *Sporobolus virginicus*, es decir los gramadales que están cerca de la orilla marina.

La política editorial de la revista contempla que uno o dos artículos diferentes al tema central, puedan ser publicados, así tenemos en esta oportunidad el trabajo de Ortiz, Seldes y Bosio, nos presentan las evidencias de traumas en elementos óseos humanos, en el formativo del valle de San Francisco en Jujuy. Las interpretaciones que han realizado los arqueólogos argentinos de las sociedades que vivieron en el formativo del noroeste de Argentina, indican que se trata de grupos sin diferencias sociales y con relaciones de interacción, lo que configura un escenario sin conflictos sociales.

Sin embargo el equipo de Ortiz, presenta dos individuos con evidencias de lesiones vitales en el cráneo, lo que es indicativo de violencia entre personas, específicamente entre los grupos que habitan la región piedemonte de la región yunga de Jujuy, y que se le conoce comúnmente como los grupos “San Francisco” y que cronológicamente están afiliados al formativo del sitio. La información de los traumas en ambos individuos esta bien documentada y las huellas de estos traumas son evidentes para las conclusiones de Ortiz y su equipo.

Dentro de los artículos de revisión tenemos tres artículos interesantes, el primero de ellos de Pérez y su equipo, es una visión del estado actual del uso de los isótopos estables en la paleoecología de los mamíferos del pleistoceno tardío de México. Se presenta información sistematizada de las especies estudiadas y del marcador isotópico utilizado en cada caso. Se precisa además que las especies que más se han estudiado mediante estos marcadores geoquímicos son los caballos y mamuts. En el caso de los caballos se ha obtenido datos que permiten conocer que estos se alimentaban con una dieta mixta, es decir hierbas y también árboles. Se comentan además las desventajas que ofrece el factor tiempo en la diagénesis de los huesos, lo que solo permite para mas muestras de esta época, averiguar solo datos de $\delta^{13}\text{C}$.

El siguiente artículo de Claire Venet-Rogers, trata sobre la aplicación de los isótopos estables en las investigaciones arqueológicas en Canadá. Se hace una revisión para comprender la importancia de los recursos marinos entre los grupos que viven a lo largo de la costa noroeste de la Columbia Británica. También se aborda el caso del maíz, y su consumo entre los grupos de las praderas canadienses de Ontario. Hay que indicar que Venet-Rogers es una especialista en zooarqueología que tiene experiencia en análisis de colecciones de camélidos moche y también trabaja con el equipo de Christine White en la Universidad de Ontario Western, una reconocida especialista en

isótopos estables, cuyas investigaciones están ahora centradas en los camélidos de origen arqueológico de la costa norte del Perú.

Siempre tenemos el privilegio de tener un artículo de revisión sobre el tema central de la revista, en esta oportunidad Gabriel Dorado y su equipo nos ilustran con *Isotopes in bioarchaeology – Review*. El artículo nos hace una revisión desde la definición de que es un isótopo estable, su primera ubicación en la tabla periódica por parte de Mendeleev, hace distinciones en algunos casos de sus formas radiactivas, como es el caso del carbono (C) que tiene dos formas isotópicas (^{12}C y ^{13}C) y una radiactiva (^{14}C). Luego nos detalla como se identifica, cuantifica y sus aplicaciones. Dentro de las aplicaciones están aquellas referidas a la arqueología y se hace una explicación detallada de aquellos isótopos estables más utilizados en arqueología, como carbono, nitrógeno, hidrógeno, oxígeno, azufre y estroncio. Es un artículo rico en información y permite al estudiante o profesional interesado en el tema, consolidar sus conocimientos.

Tenemos nuevamente en este número, la fotogalería de bioarqueología, que hemos dedicado a la mención de un ceramio escultórico de navegantes que están sobre una embarcación tipo “caballito de totora” y los restos óseos de un pez oceánico que procede de Huaynuná en el valle de Casma. Lo especial del artículo, es la evidencia escultórica que pertenece a la fase cupisnique tardío, y las extraordinarias evidencias óseas, por el tamaño que implican, del pez oceánico *Trachurus symmetricus murphyi* “jurel”. Aunque el ceramio es de una época posterior a la filiación de los restos óseos del pez (precerámico tardío), resulta sugerente que la pesca oceánica tendría una historia que dataría de algún momento del precerámico, posiblemente con embarcaciones tipo caballito de totora, una planta endémica de los sitios costeros del Perú donde hay pantanos y desembocaduras de ríos.

El año 2012, estará marcado por la desaparición de un arqueólogo que marco el pulso de las investigaciones bioarqueológicas en el Perú. El tuvo la capacidad para reunir una serie de especialistas en zoología, botánica, patólogos, geólogos, para poder estudiar de forma multidisciplinaria sus investigaciones. El ejemplo de un trabajo de este tipo es precisamente uno de los trabajos más completos que se escribió del precerámico de la costa peruana: Los Gavilanes. Tenemos una sección escrita por Cesar Gálvez, donde hace una reseña de la vida y obra de Duccio Bonavía, quién seguirá presente siempre por todo lo que enseñó y aportó a la arqueología peruana.

Finalmente, invitamos a todos los lectores de la revista, a leer este nuevo número, comentar y publicar sus investigaciones relacionadas con la línea editorial de la revista. El sitio web donde está alojada la revista, cuenta desde ahora, con un blog y un foro, con temas relacionados a zooarqueología, arqueobotánica, ADN antiguo y también isótopos estables, donde todos los especialistas, estudiantes y público interesado en estos temas, pueda involucrarse y obtener información que le permita dirigir sus investigaciones por un buen camino, el de la ciencia, que es el mejor quehacer que tiene el ser humano.



ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN



Alimentación de camélidos sudamericanos en los sitios formativos de Cardonal y Bordo Marcial (Catamarca, Argentina): Una aproximación isotópica.

María Gabriela Srur¹, Andrés D. Izeta² y María Cristina Scattolin³

¹CONICET- IDACOR, Museo de Antropología, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. E-mail: roxanacattaneo@gmail.com

²CONICET- IDACOR, Museo de Antropología, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. E-mail: andresizeta@gmail.com

³CONICET-Museo Etnográfico Juan B. Ambrosetti, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. E-mail: cscattolin@gmail.com

Resumen

En trabajos anteriores habíamos observado una variedad de estrategias de alimentación de camélidos sudamericanos para distintas áreas (Falda Occidental del Aconquija, La Candelaria y Ambato) y en un marco temporal definido en el primer milenio de la era cristiana, que nos permitieron interpretar un tipo de alimentación libre, otro mixto y un tercero relacionado con el manejo humano del acceso a los recursos. Siguiendo esta línea de trabajo aplicada a distintos contextos arqueológicos del noroeste argentino en esta oportunidad se intenta avanzar en la interpretación de los modos de alimentación de los camélidos sudamericanos de una parte del Sur de los Valles Calchaquíes a través del análisis de los isótopos estables del C y N. Para ello se analizan los sitios Bordo Marcial y Cardonal, ubicados en una Quebrada que une el Valle del Cajón con las tierras altas de la Puna Salada, cuya característica es la de poseer un tipo de producción/adquisición mixta, con un fuerte componente agro pastoril y de caza. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ varían en ambos sitios arqueológicos, oscilando entre un rango -11,3 a -19,1. Estos resultados sugieren la presencia de una "dieta mixta", basada en el consumo de plantas C_3 y C_4 que se diferencia a los patrones observados para áreas de tierras altas y otros valles mesotérmicos.

Palabras clave: isótopos estables, camélidos sudamericanos, dieta mixta.

Abstract

In the past five years we proposed, based on an isotopic perspective, three strategies related with the feeding of South American camelids for different Northwestern Argentina first millennia AD archaeological sites. Those were defined as free range feeding habits, a mixed feeding strategy (free range + management) and a third one related to human management in the animal access to alimentary resources. Following this line of research, new data is presented for an area located in a different environment of those previously studied. This one is characterized as a transition area between the Puna Highlands and the lower temperate valleys. This ecological setting and the isotopic values obtained on camelids bone collagen shows a tendency slightly different as the observed in the others areas. The results shows a mixed diet based both on C_3 and C_4 plants different from Puna Highlands (where C_3 predominates) and lower valleys (where C_4 plants are more frequent).

Keywords: stables isotopes, South American camelids, mixed diet.

Introducción

En los últimos años, los análisis isotópicos de Carbono y Nitrógeno constituyeron el punto de partida para profundizar en el análisis del rol de los consumidores –humanos y animales– en las prácticas relacionadas a la alimentación, en el entendimiento de las rutas de migración, y por último, en la importancia de los recursos en la dieta y su distribución en el paisaje (e.g. Ambrose, 1993; Hobson, 1999; Pate, 1994).

Para el noroeste argentino, existe una diversidad de investigaciones que enfocan en estos temas logrando con ello la construcción de una base ambiental que representa, a distintas escalas temporales, la ecología isotópica regional que incluye los espacios en los que los animales se alimentan y se mueven. Estas redes alimentarias isotópicamente distintas pueden variar espacialmente por los procesos biogeoquímicos (Van Klinken, 1999; Robinson et al., 2003; Schoeninger y De Niro, 1983).

Por ello, las prácticas de alimentación han sido el eje para interpretar aquellos restos faunísticos recuperados en los contextos arqueológicos, explicando su presencia como la evidencia inmediata de cómo y qué se consumía (e. g. Izeta et al. 2009). Algunos de los elementos comunes de estos estudios comprendieron la intensidad y distribución de las actividades de pastoreo, la composición taxonómica de la dieta, la disponibilidad y composición química de la vegetación, la selección de alimentos y la diversidad dietaria en relación a las variaciones estacionales y gradiente altitudinal (e.g. Borgnia et al., 2006, 2010; Dantas, 2010, 2012; Figueroa et al., 2010; Izeta et al., 2006, 2009, 2010; Mengoni 2007, 2009; Olivera y Yacobaccio, 1999; Panarello et al., 2006-2009; Samec, 2011; Yacobaccio et al., 2009, 2010).

Por ello, el objetivo de este trabajo es aportar nuevos datos que proceden de un sector de transición entre tierras altas y valles mesotermiales del área andina meridional, con el fin de profundizar los estudios basados en la interacción de los seres humanos, el paisaje y los animales. En este sentido se intenta también revisar el uso de isótopos estables y su relación con las redes alimentarias a partir de las investigaciones publicadas anteriormente.

Isótopos estables en el noroeste argentino

El proceso de domesticación de los camélidos sudamericanos creó nuevas relaciones del hombre con su entorno, modificando sustancialmente los hábitos de comportamiento, el tipo de alimentación y la movilidad de diversas especies, incluyendo no sólo a las domésticas sino también a las silvestres. A partir de este proceso, numerosos investigadores han intentado formular esquemas interpretativos para explicar el manejo de los camélidos en el Noroeste argentino (e. g. Haber, 1999; Izeta, 2007; Mengoni Goñalons, 1996; Olivera, 1992, Yacobaccio et al., 1997-1998).

Para la región de las tierras altas de la Puna Seca (altura media de 3400 msnm), los esquemas se basaron en datos aportados desde los valores isotópicos para plantear un uso del espacio determinado por una correlación

negativa entre la altitud y los valores de $\delta^{13}\text{C}$, que consiste en que a mayor altura los valores se empobrecen y la dieta se compone principalmente de especies vegetales cuya vía fotosintética es C_3 . A medida que la altura disminuye los valores de $\delta^{13}\text{C}$ se enriquecen predominando plantas con vías fotosintéticas C_4 (Fernández et al., 1991, Fernández y Panarello, 1999-2001a, 1999-2001b; Yacobaccio et al., 2009, 2010). Estos autores explican esta tendencia por la distribución diferencial de las especies C_3 y C_4 en relación con la altura y consecuentemente con el rango de temperaturas asociadas a esta (Olivera y Yacobaccio, 1999; Panarello et al., 2006-2009; Yacobaccio et al., 2009), concluyendo que la dieta de los camélidos domésticos y silvestres se basaría principalmente en el consumo de especies vegetales C_3 en ambientes como el pajonal, mientras que en ambientes ubicados en zonas más bajas se compondría en mayor proporción de plantas C_4 , aunque debe tenerse en cuenta que en la región se encuentran mezclados parches de recursos (Borgnia et al., 2006, 2008; Samec et al., 2010; Samec, 2011; Yacobaccio et al., 2009, 2010).

Asimismo, para la Puna Salada (con alturas medias de 3200 msnm) se propone un modelo en donde se nota el predominio de plantas C_3 según los datos de $\delta^{13}\text{C}$ (Aranibar et al., 2007; López Campeny et al., 2005). Estos autores plantean que los humanos consumían una mayor proporción de plantas C_4 que los animales, pero que alternativamente, los humanos podrían haberse alimentado de camélidos y otros animales provenientes de zonas bajas, donde las plantas C_4 son más abundantes. Sin embargo los datos isotópicos para la región parecen estar coincidiendo con lo planteado para la Puna Seca.

Por otro lado, se delineó un modelo para el primer milenio de la era cristiana en la región del Valle de Ambato (alturas medias de 1200 msnm) basado en una correlación entre el tipo de alimento ingerido y el contexto socioeconómico en el cual se consumieron los camélidos (Izeta et al., 2009, 2010). En este marco, los pobladores locales no habrían ejercido una estricta vigilancia de los terrenos donde pastaban los camélidos, y por tanto los animales podrían consumir tanto plantas con vía fotosintéticas C_3 como C_4 , que son propias de los tres ambientes definidos para el Valle de Ambato: Bosque (Fondo de Valle), Piedemonte arbustivo y Pastizal de Altura (Izeta et al., 2009). Los animales podían pastar libremente, poseer una alimentación mixta y acceder a diversos recursos vegetales sin intervención humana. Esto queda de manifiesto en los valores isotópicos determinados para estos sitios (e.g. El Altillo) que varían entre -11,8 a -17,1.

Con el tiempo, a medida que aumenta la producción de maíz, en un escenario de expansión e instauración de desigualdad social, disminuirían las tierras aptas para el pastoreo, lo cual podría haber restringido el acceso a determinadas pasturas que, a su vez, llevaría a un mayor control sobre las áreas de alimentación y forraje, incluido el aprovechamiento de los rastrojos en los campos de cultivo (Izeta et al., 2010). En suma, sobreviene una intensificación en el proceso de alimentación de los animales sustentada en la utilización de los restos de plantas cultivadas.

En una publicación anterior, donde se describía este modelo para el Valle de Ambato, se concluyó que: a) los valores correspondientes a animales silvestres presentan medias que se ubican por debajo del límite de -19,2; b) las muestras de llama presentan rangos de valores mucho más amplios. Cuatro de ellos se ubican en valores comprendidos entre -20,2 y -20,6. El resto presenta valores iguales a -16,8 y -14,1 (Izeta et al., 2010). Los valores obtenidos, confirman que el consumo de plantas C₄ por parte de los animales aumentaría desde principios del Formativo (ca. 0 d.C.) hasta alcanzar su cúspide en tiempos de Aguada (ca. 1000 d.C.) y que hacia el final del periodo volvería a valores menos enriquecidos como los del punto de partida (Izeta et al., 2010).

Asimismo, para el área de La Candelaria (altura media de 900 msnm), los datos isotópicos obtenidos en huesos de camélidos hallados dentro de urnas funerarias recuperadas por Stig Rydén en la década de 1930 coinciden con estos valores (Fasth, 2003; Izeta et al., 2009). La cronología obtenida por fechados radiocarbónicos ubica a los hallazgos entre el 1600 y el 1200 AP para Santa Bárbara y Huanacocha y en el 600 AP para un hallazgo con procedencia general al área.

Para la Falda Occidental del Aconquija (altura media 3000 msnm) se tomaron muestras que provienen de dos contextos domésticos: Tesoro 1, con un fechado de 1000 AP; y Potrero Antigal, con una antigüedad de 730 AP.; cuyos valores corresponden a -17,8 y -18,3 respectivamente (Izeta et al., 2009).

Cardonal y Bordo Marcial, son los sitios que integramos en este trabajo con el fin de aportar a la ecología isotópica regional. Estas dos aldeas están ubicadas en la localidad de La Quebrada, al oeste del valle del Cajón (Departamento de Santa María, provincia de Catamarca). Localizada en un espacio transicional entre las tierras altas y los valles mesotermiales, La Quebrada constituye un verdadero pasaje natural que vincula cuatro regiones fitogeográficas: Altoandina (3700 msnm), Puna (3100-3200 msnm), Prepuna y Monte (por debajo de los 2000 msnm) (ver Tabla 1).

Dentro de estos ambientes, se identificaron cuatro tipos de comunidades vegetales: estepas, vegas, bosques y arbustal. En las zonas más elevadas se encuentra la estepa de gramíneas, mientras que en los ciénagos o vegas se hallan las ciperáceas, cariofiláceas y tolas. En los faldeos y en las quebradas se identificaron parches vegetacionales que contienen "chaguar", *Acacia visco* y *Prosopis* sp. Por último, sobre los conos y bajadas del piedemonte se halla el arbustal abierto con caducifolias (Calo, 2010).

Dentro de las particularidades de este espacio, los asentamientos están constituidos por varios conjuntos residenciales que incluyen recintos de piedra circulares adosados (Calo, 2010; Cortés, 2011; Scattolin et al., 2007). Cardonal y Bordo Marcial poseen fechados radiocarbónicos que oscilan entre los 1800 y 1900 años AP.

Tabla 1. Vegetación más frecuente en las distintas regiones fitogeográficas y su tipo de vía fotosintética.

Altura (msnm)	Región Fitogeográfica	Microrregión	Vegetación	CR	CA	C&M	SIN DATOS	
3700	Altoandina	Estepas	<i>Suaea</i> sp.	X				
			<i>Eragrostis</i> sp.	X				
			<i>Calamagrostis cabreriae</i>				X	
			<i>Nototricha rugosa</i>				X	
			<i>Adesmia</i> sp.	X				
3100 3200	Puna	Estepas	<i>Fabiana densa</i>				X	
			<i>Acanthoaurea punensis</i>				X	
			<i>Adesmia</i> sp.	X				
			<i>Juncus serripinoides</i>	X				
			<i>Senecio subulatus</i>	X				
			<i>Ephedra dracana</i>	X				
			<i>Hoffmannseggia</i>				X	
			<i>Erodium</i>		X			
			<i>Berula</i>		X			
			<i>Guayulella</i>				X	
			<i>Ranunculus</i>				X	
			<i>Trichostema</i>				X	
			<i>Panicum chilense</i>		X			
			<i>Pennisetum chilense</i>				X	
			<i>Bouteloua</i> sp.		X			
		Faldeos	<i>Cassia bockeriana</i>					X
			<i>Glechoma glumata</i>					X
			<i>Fabiana densata</i>					X
			<i>Erythronium albidifolium</i>					X
			<i>Trichocereus pasacana</i>					X
		Borde de Ríos y Arroyos	<i>Cortaderia speciosa</i>		X			
			<i>Scirpus atacamenis</i>		X			
			<i>Helicopsis albibracteata</i>		X			
		Vegas	<i>Juncus</i> sp.		X			
			<i>Parastrephia phyllocladiformis</i>					X
<i>Lycium charar</i>			X					
Áreas Salinas	<i>Dirichletia humilis</i>			X				
	<i>Atriplex</i> sp.			X				
	<i>Baccharis caespitosa</i>		X					
	<i>Anthriscus triandrum</i>					X		
3000	Prepuna y Monte	<i>Acacia visco</i>				X		
		<i>Schinus</i> sp.		X				
		<i>Prosopis</i>		X				

De estos dos sitios, se seleccionaron diez restos óseos de camélidos con el fin de someterlos a análisis isotópicos. Dos de las muestras provienen de la estructura 18 de Bordo Marcial.

Las ocho muestras restantes pertenecen al Núcleo 1 de Cardonal, que es una vivienda compuesta por cinco recintos (Scattolin et al., 2009), que fueron denominados como:

- Estructura 1: definida en base a la cultura material recuperada y otros hallazgos contextuales como un área de cocina, datada en 1841±35 años A.P.
- Estructura 2: caracterizada como una habitación o depósito. El fechado radiocarbónico realizado sobre carbón vegetal, arrojó una antigüedad de 1878±57 años A.P.
- Estructura 3: definida como un sector de tránsito para acceder a las estructuras 1, 2 y 4. Datada en 1831±35 años A.P.
- Estructura 4: con una antigüedad de 1781±35 años A.P, de difícil asignación dada sus dimensiones reducidas.
- Estructura 5: identificada como un patio de múltiples actividades, incluida la cocción de alimentos en uno de sus sectores. Cuenta con un fechado de 1932±35 años A.P (Calo 2010).

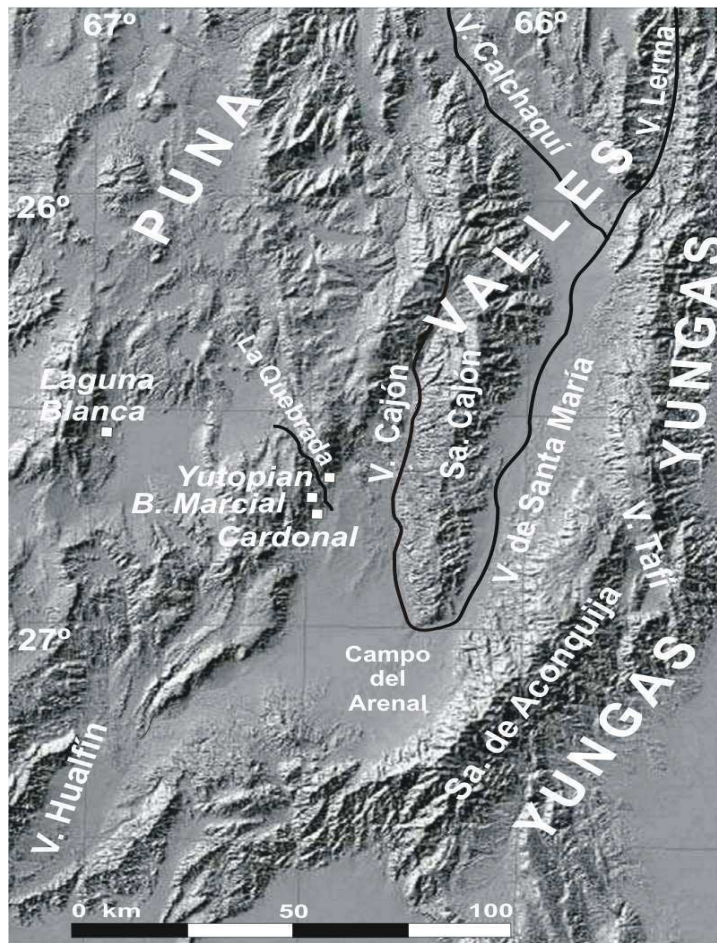
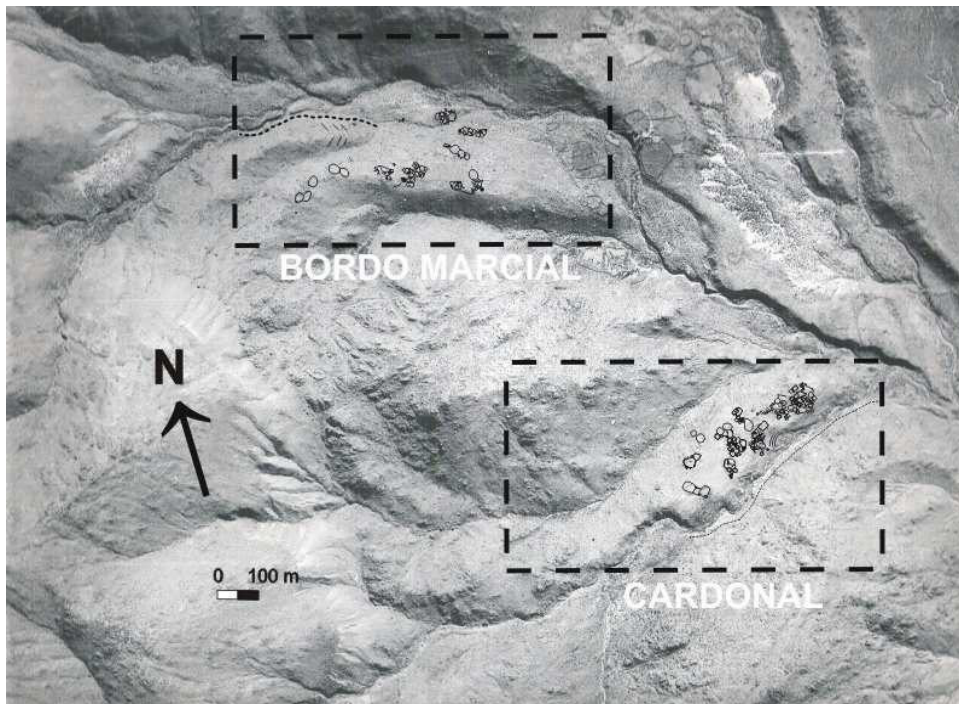


Figura 1A. a) Mapa del Sur de los valles Calchaquíes, mostrando la localización de los sitios Cardonal y Bordo Marcial. b) Imagen aérea de los sitios Cardonal y Bordo Marcial.



Metodología

La medición se efectuó por espectrometría de masas de relaciones isotópicas ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$) en restos óseos de camélidos. Este material se compone de un 69 % por una fracción inorgánica denominada hidroxiapatita- $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, 9 % de agua y un 22% de una fracción orgánica. Esta fracción orgánica consiste en un 90% de colágeno y de un 10 % de proteínas no colagénicas (Ezzo, 1994).

Por ello, uno de los aspectos fundamentales en estos estudios es que la muestra no debe estar afectada por degradación, alteración diagenética o contaminación, los cuales puede sufrir durante los procesos post depositacionales (Bocherens, 2000). Este es el motivo por el cual, se debe seguir un protocolo preciso de pretratamiento y extracción de las distintas fracciones a analizar (De Niro, 1985:14).

El protocolo utilizado en este trabajo corresponde a los descritos en el procesamiento de las muestras llevadas a cabo en el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS) radicado en la Universidad de Buenos Aires (Argentina) y basados en la propuesta de Tykot (2004).

Las muestras fueron tomadas extrayendo aproximadamente 1 g. del hueso total. Para evitar la contaminación, el material extraído es limpiado mecánicamente con un tipo de elemento abrasivo y posteriormente se lo somete a ultrasonido con el fin de que se desprendan aquellas partículas y sedimentos depositados en los intersticios del tejido óseo. Cuando el hueso ya está limpio físicamente, se lo deposita en un recipiente marcado con tapa.

En una segunda etapa caracterizada por separar la fracción colagénica de la fracción mineral del hueso, la muestra es remojada en 50 ml de NaOH 0.1 M (4 gr % por litro de agua) por 24 horas para remover el ácido húmico, y consecutivamente, se elimina el NaOH y se enjuaga completamente con H₂O destilada. Además, se le agrega 50 ml. de HCl 2% (200 ml de HCl concentrado, 111ml en 2l) con 3,6 l de H₂O destilada para remover la fracción mineral del hueso (apatita).

En un cuarto paso, se pulveriza el hueso en piezas pequeñas, y se le reemplaza la solución de HCl con ácido nuevo después de 24 horas. Y luego, se repite esta operación durante otras 24 horas. A continuación, se vacía la solución de NaOH y se enjuaga completamente con agua destilada. Asimismo, se le agrega 50 ml de una solución de NaOH 0.1M (4g %) y se remoja por 24 horas para remover el ácido húmico. Para obtener CO₂ por combustión del colágeno, dentro de una ampolla se deposita un gramo de óxido cúprico con 4 cm de la muestra a analizar, para luego colocar la ampolla en la línea de vacío. Posteriormente, se envasa y se sella la ampolla. Preparada de esta forma, se la estaciona en la mufla durante 8 horas a una temperatura de 550°C. La muestra obtenida se transfiere a un colector y de allí al sistema multipuerta del espectrómetro de masas de relaciones isotópicas, IRMS, modelo Finnigan Delta-S que posee el INGEIS, el cual mide las relaciones de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y de $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$.

Resultados y Discusión

La selección de las muestras y su procesamiento nos dieron como resultado la obtención de datos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. En la Tabla 2 se presentan los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y puede observarse que las muestras de Cardonal oscilan entre -11,6 y -19,1 mientras que para Bordo Marcial estos se ubican entre los -17,3 y -19,2.

Con respecto a los resultados del análisis de $\delta^{15}\text{N}$, se observan valores entre 3,9 y 4,8 para Cardonal; y 3,6 y 3,8 para Bordo Marcial. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ representan un indicador del nivel trófico del individuo analizado, pero también señalan la presencia de plantas fijadoras de Nitrógeno en la dieta, como por ejemplo, las legumbres (Aranibar et al., 2007). Como los niveles tróficos se van enriqueciendo en el tejido animal, la dispersión oscila entre 1.0‰ a 12.7‰ para herbívoros, mientras que para los carnívoros varía de 5.3‰ a 18.8‰ (Panarello et al., 2006-2009). Por ello, hay que tener en cuenta que los isótopos de N en el tejido animal son altamente fraccionados durante los procesos de alimentación, pudiendo arrojar información útil sobre el nivel trófico de los animales clasificados en tres grupos: Herbívoros (consumidores primarios), carnívoros (consumidores secundarios) y grandes carnívoros (consumidores terciarios) (Minagawa y Wada 1983).

Por otro lado, la relación C/N presenta valores alrededor de 3,4; consistente con el rango establecido por De Niro (1985) para muestras bien conservadas. A excepción de una muestra que tiene un valor un poco más alto (3,7) pero que en este trabajo no descartamos.

Tabla 2. Valores de isótopos estables de las muestras procedentes de Cardonal Núcleo 1 y Bordo Marcial.

Código de laboratorio	Procedencia	Contexto de recuperación	Fecha Radiocarbónica	Remitente	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰	C/N
				Nº	vs V-PDB ± 0.2	vs AIR ± 0.2	
29124	Bordo Marcial.			215.33	-19,2	3,6	3,4
29134	Estructura 18	Doméstico	1869 \pm 38	C 215.95	-17,3	3,8	3,3
29137							
	Cardonal.	Contexto Doméstico (área de cocina)		C 520.78	-16,3	4,7	3,4
29125	Estructura 1		1841 \pm 35	509.8	-11,6	4,8	3,4
29130							
	Cardonal.	Contexto Doméstico (área de tránsito)		C 121.1	-19,1	4,4	3,7
29131	Estructura 3		1831 \pm 35	C 142.6	-18,7	3,9	3,4
29132	Cardonal.	Contexto Doméstico		C 197.19	-14,3	4,4	3,4
29133	Estructura 4		1781 \pm 35	C 198.8	-17,5	4,7	3,4
29135							
	Cardonal.	Contexto Doméstico (pátio)		C 281.18	-19,1	4,9	3,4
29136	Estructura 5		1932 \pm 35	C 423.3	-14,3	3,9	3,3

Como dijimos más arriba, nuestra intención es poder aportar nuevos datos a las interpretaciones de la ecología isotópica regional, además de conocer más acerca de los modos de alimentación de los camélidos de esta región. Entonces, estos resultados se comparan con los datos isotópicos obtenidos anteriormente para la Falda Occidental del Aconquija (Izeta et al. 2009), los de la Puna Salada (Aranibar et al. 2007), los de la Puna Seca

(Yacobaccio et al. 2010) y los del valle de Ambato (Izeta et al. 2010). Se espera que analizando la variabilidad de estos conjuntos sea factible evaluar si la diversidad en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ está reflejando algunas diferencias en la composición isotópica de las comunidades vegetales en las que se alimentaban estos animales.

Por un lado, se contempla que en las áreas por encima de los 3700 msnm predominan las plantas C_3 , mientras que en zonas de menor altitud (3100 msnm) cohabitan vegetación tipo C_4 con C_3 . Con ello, se proponen cinco grupos de valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ para caracterizar la variabilidad dietaria (Figura 2).

Grupo 1: integra datos sobre camélidos de la Puna Seca y sus valores oscilan entre -15,5 a -22,0

Grupo 2: integra los valores de la Puna Salada, sugiriendo un consumo mayor de plantas tipo C_3 . Cabe mencionar que las muestras pertenecientes a la Puna Salada se realizaron sobre pelo de camélido, cuyo factor de enriquecimiento isotópico se reduce a 1‰ a diferencia del colágeno que es del 5‰ (e.g. Fernández y Panarello, 1999-2001).

Grupo 3: comprende las muestras de la Falda Occidental del Aconquija (Tesoro 1 y Potrero Antigal) abarcando valores intermedios entre -17,8y-18,3

Grupo 4: concentra los datos isotópicos del Valle del Cajón (Cardonal y Bordo Marcial), con un rango de valores entre -11,6 a -19,2 revelando la presencia de recursos vegetales con valores similares a las plantas tipo C_4 y C_3 . Sólo una muestra, más alejada de las restantes que integran el conjunto, evidencia un probable consumo de maíz.

Grupo 5: se integran las muestras del Valle de Ambato (contextos formativos del sitio El Altillo) con variaciones entre los -11,8 a -17,1.

La Figura 2a muestra el comportamiento de los valores isotópicos para cada uno de estos grupos. Para el primero, correspondiente a la Puna Salada, se observa que los valores se agrupan entre los -18,0 y -21,0.

Aquí cabe aclarar que los valores están levemente enriquecidos ya que corresponden a valores obtenidos de fibras de camélidos (ver más arriba). Para la Puna Seca se observa una gran cantidad de casos que se concentran entre los -16,0 y -18,0 y unos pocos que rondan valores cercanos a -21,0. Esta dispersión en ambos grupos puede observarse también en la Figura 2b. Este gráfico de cajas muestra que en Puna Salada la variabilidad es menor, quizás relacionada con el tamaño de la muestra, y que la Puna Seca presenta una gran variación en sus valores, aunque la mitad de los valores se concentra alrededor de -18,0 como demuestra la mediana.

Para el grupo de datos que proceden de la Falda Occidental del Aconquija se puede ver que los valores son similares a los de la Puna Seca, con una distribución cercana al -18. Las alturas de ambas regiones son similares por lo que quizás se esté observando un mismo tipo de comportamiento en cuanto a la alimentación de los camélidos. Es decir, que estarían utilizando parches similares a los identificados en este tipo de ambiente. Sin embargo, al igual que para la Puna Salada la cantidad de datos

es escaso y quizás no estamos observando la variabilidad total de la utilización de vegetales para la alimentación de los camélidos de esta región.

Figura 2B. a) Valores isotópicos para las cinco regiones definidas en este trabajo. b) Gráfico de cajas mostrando la variabilidad de los valores de isotopos en las distintas regiones.

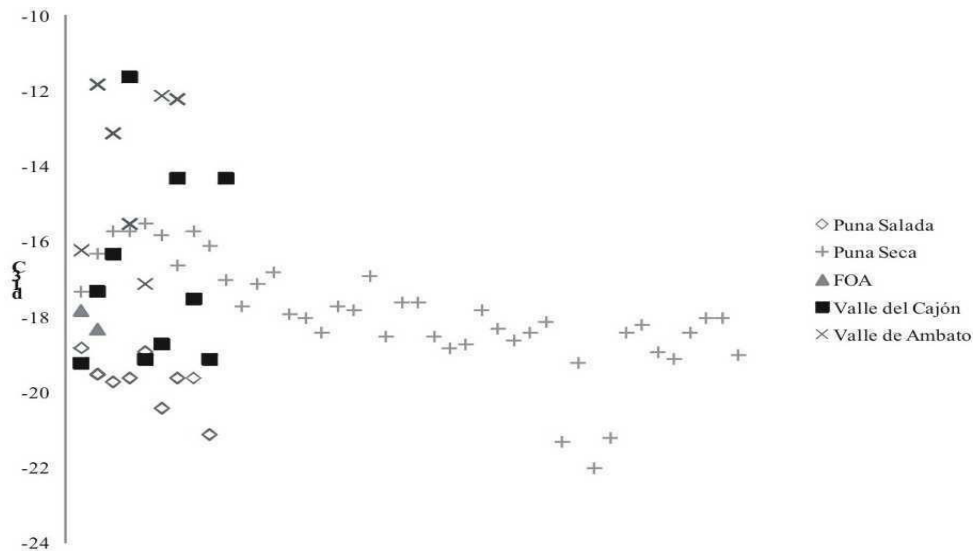


Figura 2ª.

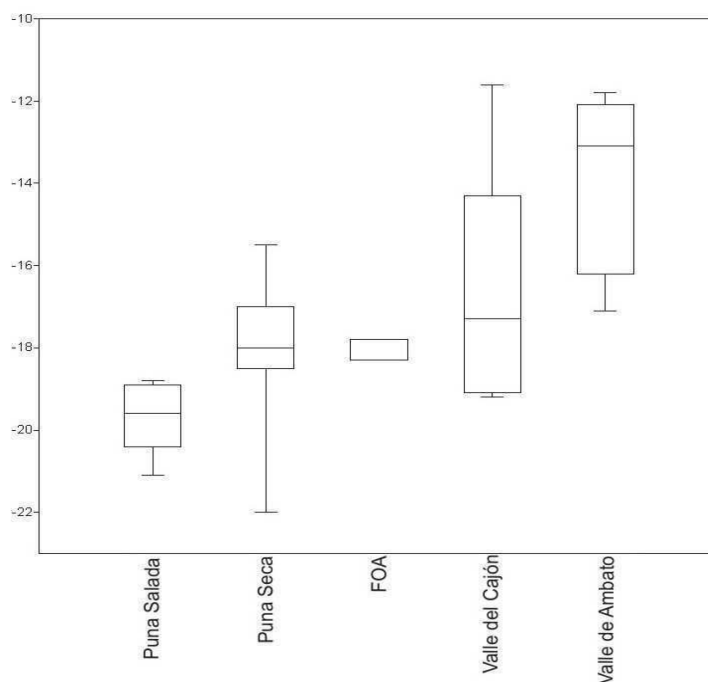


Figura 2B.

Los datos del valle del Cajón (Cardonal y Bordo Marcial) muestran una alta variabilidad en los resultados de los análisis isotópicos. La distribución de estos valores coincide en parte a lo observado en la Puna (Salada y Seca) y la Falda Occidental del Aconquija. Sin embargo se encuentran presentes otros valores que remiten a la incorporación de una mayor cantidad de plantas C₄, lo que sin duda nos permite pensar en un tipo de alimentación distinta a la

observada en las tierras más altas. Esta información permite esbozar un modelo sobre la alimentación de los camélidos durante el primer milenio de la era cristiana en el Valle del Cajón basado en la preponderancia de valores intermedios en el consumo de plantas C_3 y C_4 con un espectro de movilidad hacia los parches vegetales definidos por debajo de los 3700 msnm.

Por último, para el valle de Ambato se observa una variabilidad similar a la del Valle del Cajón, aunque los valores menos enriquecidos observados en los grupos precedentes no se observan aquí. Esto es sin duda resultado de la mayor presencia de plantas C_4 en ambientes de valles mesotérmicos de baja altura como lo es este.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos se sugiere que en el valle del Cajón durante el primer milenio se observa una dieta de tipo "mixta", en donde los hábitos alimentarios y socio-territoriales de los camélidos no estaban siendo sometidos a un manejo estricto por parte de los antiguos pobladores que aun no guiaban las prácticas de su consumo y movilidad, como fue planteado para momentos más tardíos (e.g. Valle de Ambato, Dantas, 2012, Izeta et al., 2009, 2010). Entonces podemos decir que los camélidos presentan una dieta más amplia en zonas por debajo de los 3100 msnm.

Estos datos nos permiten caracterizar por primera vez el modo de sustento de los camélidos por parte de las sociedades formativas de los valles mesotermiales del NOA. A partir de ello podemos interpretar que los camélidos podrían haber venido tanto de áreas de altura como de regiones más bajas ampliando de este modo el rango de acción de las sociedades antiguas, las que no estarían utilizando solo los lugares cercanos a los asentamientos. Esto amplía la gama de acciones y comportamientos vinculados con la la movilidad de las personas a través del paisaje y del manejo del recurso de una forma integrada, tal como fue sugerido anteriormente para otras manifestaciones de la cultura material de la región (Scattolin et al. 2009)

Por último entendemos que la información isotópica vertida en este trabajo ofrece nuevos datos para avanzar en la comprensión de los sistemas de alimentación y movilidad tanto de los camélidos sudamericanos como de las personas con las que se relacionaron.

Agradecimientos

A los pobladores de La Quebrada por su hospitalidad. Los estudios de campo y laboratorio fueron sostenidos con fondos de los proyectos PICT 04-20194 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y PIP 256 del CONICET, Argentina.

Referencias Bibliográficas

- Ambrose, S.H. 1993. Isotopic Analysis of paleodiets: methodological and interpretative considerations. En *Investigations of ancient human tissue*, editado por M. Sandford, pp 59-130. Pensylvania, Gordon and Breach Science Publishers.
- Aranibar J., S.M.L. López Campeny, M.G. Colaneri, A.S. Romano, S.A. Macko y C.A. Aschero. 2007. Dieta y sociedades agropastoriles: análisis de isótopos estables de un sitio de la Puna Meridional Argentina (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). *Comechingonia* 10: 29-48.

- Borgnia, M., Maggi, A., Arriaga, M., Aued, B., Vilá, B.L., Cassini, M.H., 2006. Caracterización de la vegetación en la Reserva Provincial Laguna Blanca (Catamarca, Argentina) (Characterization of the vegetation in Laguna Blanca Biosphere Reserve, Catamarca, Argentina). *Ecología Austral* 16: 29–45.
- Borgnia, M., Vilá, B.L., Cassini, M.H., 2008. Interaction between wild camelids and livestock in an Andean semi-desert. *Journal of Arid Environments* 72: 2150-2158.
- Bocherens, H. 2000. Preservation of Isotopic signals (^{13}C , ^{15}N) en Pleistocene Mammals. En: *Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis*, editado por Ambrose y Katzenberg. Kluwer Academic/Plenum Publishers New York. Pp.65-88.
- Calo, C.M. y L. Cortés. 2009. A contribution to the study of diet of formative societies in northwestern Argentina: isotopic and archaeological evidence. *International Journal of Osteoarchaeology* 19: 192–203.
- Cortés, L. I. 2011. Paisaje funerario al sur del Valle del Cajón: cuerpos, contextos y trayectorias históricas. Tesis Doctoral. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Dantas, M. 2010. Arqueología de los animales y procesos de diferenciación social en el valle de Ambato, Catamarca, Argentina. Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 389 páginas. Tesis Doctoral.
- Dantas, M. 2012. Identificación interespecífica de camélidos en el valle de Ambato (Catamarca, Argentina): una aproximación a la problemática desde distintas líneas de análisis. *Revista del Museo de Antropología* 5: 259-268.
- De Niro, M.J. 1985. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to paleodietary reconstruction. *Nature* 317: 806-809
- Ezzo, J. A. 1994. Putting the “Chemistry” Back into Archaeological Bone Chemistry Analysis: Modeling Potential Paleodietary Indicators. *Journal of Anthropological Archaeology* 13 (1): 1-34.
- Farquhar, G.D.; K. T. Hubick, A.G. Condon y R. A. Richards. 1989. Carbon Isotope Fractionation and Plant Water- Use Efficiency. En: *Stable Isotopes in Ecological Research* editado por W. Rundel, J.R. Ehleringer y K. A. Nagy. Springer- Verlag, New York.
- Fasth, N. 2003. *La Candelaria preservation and conservation of an archaeological museum collection from northwestern Argentina at the Museum of World Culture, Sweden*. GBCON.49 pp. Department of Conservation, University of Goteborg.
- Fernández, J. y H. Panarello. 1999-2001. Isotopos del carbono en la dieta de herbívoros y carnívoros de los Andes Jujeños. *Xama* 12-14: 71-85.
- Fernández, J., V. Markgraf, H. Panarello, M. Alberio, F. Angiolini, and S. Valencio. 1991 Late Pleistocene/Early Holocene Environments and Climates, Fauna, and Human Occupation in the Argentine Altiplano. *Geoarchaeology: An International Journal* 6:251-272.
- Figuroa, G., M. Dantas y A. Laguens. 2010. Practicas Agropastoriles e Innovaciones en la Producción de Plantas y Animales en los Andes del Sur. El Valle de Ambato, Argentina, Primer Milenio d.C. *International Journal of Southamerican Archaeology* 7: 6-13

- Haber, A. 1999. Una arqueología de los oasis puneños. Domesticidad, interacción e identidad en Antofalla, primer y segundo milenios d. C. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Hobson, K. 1999. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia* 120:314-326.
- Izeta, A. D. 2007. *Zooarqueología del sur de los valles Calchaquíes (Provincias de Catamarca y Tucumán, República Argentina): Análisis de conjuntos faunísticos del primer milenio A.D.* B.A.R. International Series S1612. John and Erica Hedges, Oxford, Inglaterra.
- Izeta, A. D., A. G. Laguens, B. Marconetto y M. C. Scattolin. 2006. Utilización de camélidos durante el primer milenio A. D. en el Área Andina Meridional. Una aproximación preliminar utilizando isótopos estables. *Notas* 60:11. Museo de Historia Natural de San Rafael.
- Izeta, A. D., A. G. Laguens, B. Marconetto y M. C. Scattolin. 2009. Camelid use in Meridional Andes during first millennium A.D. A preliminary approach using stable isotopes. *International Journal of Osteoarchaeology* 19: 204-214.
- López Campeny, S. M. L.; D. E. Olivera, V. F. Varela y J. Peña. 2005. Procesos tafonómicos, subsistencia y uso del espacio: análisis de la arqueofauna de un sitio agropastoril de la Puna Meridional Argentina (Punta de la Peña 9, Antofagasta de la Sierra, Catamarca). *Intersecciones en Antropología* 6:11-28.
- Mengoni Goñalons, G. L. 1996. La domesticación de los camélidos sudamericanos y su anatomía económica. En: *Zooarqueología de Camélidos* 2: 33-45. Elkin, D. C., C. M. Madero, G. L. Mengoni Goñalons, D. E. Olivera, M. C. Reigadas y H. D. Yacobaccio (ed). Grupo Zooarqueología de Camélidos. Buenos Aires.
- Mengoni Goñalons, G.L. 2007. Camelid management during Inca Times in N.W. Argentina: models and archaeozoological indicators. *Anthropozoologica* 42 (2): 129-141.
- Mengoni Goñalons, G.L. 2009. La domesticación de camélidos en el NOA: el aporte de los análisis de isótopos estables. En: *Zooarqueología y tafonomía en el confín del mundo*, editado por P. López M.; I. Cartajena F.; C. García P. y F. Mena L. Monografías Arqueológicas N°1. Universidad Internacional SEK-Chile, Facultad de Estudios del Patrimonio Cultural. Área de Arqueología. Santiago de Chile.
- Minagawa, M. y E. Wada. 1983. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 1135-1140.
- Olivera, D. E. 1992. Tecnología y estrategias de adaptación en el Formativo (Agroalfarero Temprano) de la Puna Meridional Argentina. Un caso de estudio: Antofagasta de la Sierra (Pcia. de Catamarca, R. A.). Tesis Doctoral Ciencias Naturales. Universidad Nacional La Plata. La Plata. MS.
- Olivera, D. E. y Yacobaccio, H. D. 1999. Estudios de paleodieta en poblaciones humanas de los Andes del sur a través de isótopos estables. En: *Actas del V Congreso Nacional de Paleopatología*, Sánchez Sánchez, J. A. (ed.), pp. 190-200. Alcalá la Real, Asociación Española de Paleopatología.

- Panarello, H.O.; A. Tessone y A.F.J. Zangrando. 2006-2009. Isótopos estables en Arqueología: Principios teóricos, aspectos metodológicos y aplicaciones en Argentina. *Xama* 19-23: 115-133.
- Pate, D. 1994. Bone Chemistry and Paleodiet. *Journal of Archaeological Method and Theory* 1 (2): 161-209.
- Robinson, S.; R.A. Nicholson y A.M. Pollard. 2003. An evaluation of Nitrogen porosimetry as a technique for predicting taphonomic durability in Animal Bone. *Journal of Archaeological Science* 30:391-403.
- Samec, C.; A. Tessone; E. Gallegos y H. Panarello. 2010. Lipids' influence on Carbon isotopic signals from collagen samples of terrestrial herbivores. VII SSAGI South American Symposium on Isotope Geology, Brasilia, 25th-28th July 2010.
- Tykot R.H. 2004. Stable Isotopes and Diet: You Are What You Eat. En: Physics Methods in Archaeometry. *Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi"* Martini M, Milazzo M, Piacentini M (eds.) Bologna, Italy. Società Italiana di Fisica. Pp. 433-444.
- Scattolin, M.C., L. Pereyra Domingorena, L.I. Cortés, M.F. Bugliani, C. M. Calo, A.D. Izeta y M. Lazzari. 2007. Cardonal: una aldea formativa entre los territorios de Valles y Puna. *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales* 32: 211-225.
- Scattolin, M.C., L.I. Cortés, M.F. Bugliani, C. M. Calo, L. Pereyra Domingorena, A.D. Izeta y M. Lazzari. 2009. Built landscapes of everyday life: a house in the early agricultural village of Cardonal (Cajón Valley, northwestern Argentina). *World Archaeology* 43 (1): 396-414.
- Schoeninger, M.J., y M.J. De Niro. 1983. Nitrogen and Carbon Isotopic Composition of Bone Collagen from Marine and Terrestrial Animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 625-639.
- Tessone, A., A. F. Zangrando, G. Barrientos, S. Valencio, H.O. Panarello y R. Goñi. 2005. Isótopos estables del carbono en Patagonia meridional: datos de la cuenca del Lago Salitroso (Provincia de Santa Cruz, república Argentina). *Magallania* 33 (2): 21-28.
- Van Klinken G.J. 1999. Bone collagen quality indicators for paleodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science* 26: 687-695.
- Yacobaccio, H.D., C.M. Madero, M.P. Malmierca, M. C. Reigadas 1997-1998. Caza, domesticación y pastoreo de camélidos en la Puna Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología XXII-XXIII*: 389-418.
- Yacobaccio, H. D.; M. R. Morales y C. T. Samec. 2009. Towards an Isotopic Ecology of Herbivory in the Puna Ecosystem: New Results and Patterns on *Lama glama*. *International Journal of Osteoarchaeology* 19: 144-155.
- Yacobaccio HD, Samec CT, Catá MP. 2010. Isótopos estables y zooarqueología de camélidos en contextos pastoriles de la puna (Jujuy, Argentina). En: *Zooarqueología a principios del siglo XXI. Aportes teóricos, metodológicos y casos de estudio*, Gutiérrez MA, De Nigris M, Fernández PM, Giardina M, Gil A, Izeta A, Neme G, Yacobaccio H (eds.) Editorial del Espinillo, Buenos Aires. pp. 77-86.

Pruebas zooarqueológicas e isotópicas de crianza local de camélidos en la Zona Urbana Moche de los complejos arqueológicos Huacas del Sol y la Luna en Trujillo (Perú)

Víctor F. Vásquez Sánchez¹, Teresa E. Rosales Tham², Isabel Rey Fraile³, Gabriel Dorado⁴

¹ Autor para correspondencia, Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas ARQUEOBIOS, Apartado Postal 595, Trujillo (Perú), CE: <vivasa2401@yahoo.com>;

² Laboratorio de Arqueobiología, Avda. Universitaria s/n, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo; ³ Colección de Tejidos y ADN, Museo Natural de Ciencias Naturales, 28006 Madrid;

⁴ Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain)

RESUMEN

Los datos zooarqueológicos de isótopos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ obtenidos de las primeras falanges de llama (*Lama glama*) y alpaca (*Lama pacos*) de la Zona Urbana Moche (ZUM) del complejo arqueológico Huaca de la Luna (Valle de Moche), indican un consumo de plantas marinas (posiblemente algas) y plantas C4 del área de Lomas, al este de Huaca de la Luna. No hay indicios isotópicos de que dichos camélidos hayan consumido plantas C3. Ello fortalece la hipótesis de una crianza local de rebaños mixtos de camélidos en la época moche de Huaca de la Luna en Perú.

Palabras clave: arqueología, bioarqueología, nucleidos estables, paleodieta.

ABSTRACT

The isotopic $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ zooarchaeological data obtained from the first phalanges of llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) from the Moche Urban Zone (MUZ) of the Huaca de la Luna archaeological complex (Moche Valley) shows a consumption of marine plants (possibly algae) and C4 plants from the Hills area, at the east of Huaca de la Luna. There are no isotopic evidences of C3 plant consumption by such camelids. This strengthens the hypothesis of a local breeding of mixed camelid herds during the Moche Period at Huaca de la Luna in Peru.

Keywords: archaeology, bioarchaeology, stable nuclides, paleodiet.

Introducción

Existe cierta controversia desde la década de los años 80 sobre la distribución de los camélidos domésticos llama (*Lama glama*) y alpaca (*Lama pacos*) en los ecosistemas costeros prehispánicos de América. Por supuesto, se dispone de amplia información del hábitat actual de estos herbívoros en los ecosistemas alto-andinos, pero hay pocos datos de su distribución prehispánica. Ello es debido a la escasez de investigaciones zooarqueológicas, incluyendo el análisis de isótopos estables de las colecciones óseas de estos herbívoros, que pueden servir para determinar factores como el tipo de dieta (paleodieta).

Los primeros contactos de los camélidos domésticos con ecosistemas costeros prehispánicos están registrados desde el Periodo Precerámico. Luego se hicieron más comunes en el Periodo Formativo, alcanzando su esplendor y aumento de las poblaciones a partir del Periodo Intermedio Tardío (100 a 700 años d.C.). Posteriormente fueron diezmados y desaparecieron de la costa peruana tras la llegada de los españoles (1.535 años d.C.). Ello fue debido a varios factores, entre los que cabe destacar: i) caza abusiva, y por tanto no sostenible; ii) introducción de nuevo ganado (ovejas y cabras), que se adaptó y prosperó bien a dichos hábitats, consumiendo los recursos alimentarios existentes (pastos); iii) enfermedades introducidas con dichas especies foráneas, a las que no estaban adaptadas las especies nativas, siendo por tanto mucho más susceptibles a las mismas; y iv) disminución drástica del interés por las especies nativas, al ser más productivas las introducidas.

Se han realizado estudios zooarqueológicos sobre colecciones óseas de sitios arqueológicos costeros del Perú. Entre ellos se encuentra el análisis de las estructuras de edad en restos de maxilares y dientes, estadíos de fusión de huesos post-craneales y análisis de coprolitos y fibras, llevados a cabo por Pozorski (1976), Shimada y Shimada (1981), Wheeler et al, (1995), Kent et al (2001), Vásquez et al (2003) y Vásquez y Rosales (2009). De este modo se ha demostrado la importancia que tuvieron los camélidos en las sociedades costeras prehispánicas. Así, no sólo había camélidos domésticos en los ecosistemas costeros, sino también criados en rebaños en otros lugares, abasteciendo de carne y productos derivados a estas sociedades.

Una vez encontradas las pruebas zooarqueológicas de la presencia de una crianza local en los ecosistemas costeros prehispánicos, apareció una nueva interrogante muy interesante desde la perspectiva evolutiva de estos herbívoros. Surgió a partir de los estudios de osteometría de falanges que proceden de la Zona Urbana Moche (ZUM) en Huaca de la Luna, en el Cerro Chépén, y en otros sitios de cultura moche (también llamada mochica), como Guadalupito (Valle de Santa, Departamento de Ancash), Huaca Colorada (Valle de Jequetepeque, Departamento de La Libertad) y Sipán (Valle de la Leche, Departamento de Lambayeque). Los resultados osteométricos han indicado que las especies que habitaron la costa prehispánica fueron llama y alpaca.

Las investigaciones osteométricas realizadas en las colecciones óseas de camélidos de la Zona Urbana Moche pusieron de manifiesto que,

posiblemente, había rebaños mixtos criándose en el sitio. Sin embargo, en el trabajo de Vásquez y Rosales (2009), se propone un modelo de especiación geográfica o vicariante. Así, se tiene en cuenta que actualmente no hay cría de camélidos en la zona, así como factores genéticos y evolutivos de una nueva forma domesticada. Entre ellos se encuentra el efecto de la regla de Bergmann y los nuevos pastos, que contribuyeron en la morfología de dicho camélido doméstico que vivió en la Época Mochica.

La investigación osteométrica ha servido para desvelar dos hechos relevantes: i) una actividad de crianza local (con posible consumo de pastos de la misma zona); y ii) una posible identidad de estos rebaños criados localmente. Estos estudios morfológicos pueden completarse con análisis químicos (isótopos estables). Así, el análisis de isótopos estables de carbono (C) y nitrógeno (N) permiten determinar la dieta de los animales, a fin de evaluar una posible crianza local y consumo de los pastos de la zona, e incluso algas marinas, tal como han indicado DeNiro (1988) para varios sitios de la costa peruana y Szpak et al (2009) para la Huaca Santa Clara en el Valle de Virú del Perú. Por otro lado, los análisis genético-moleculares de ADN antiguo pueden servir para determinar la identidad de estos camélidos (investigación en curso).

Por tanto, el presente trabajo propone un modelo a considerar en los estudios isotópicos de los restos de camélidos. Se trata de realizar una exhaustiva investigación zooarqueológica en primer lugar, para conocer mejor la historia natural de las especies que se han de estudiar. Posteriormente, los análisis de isótopos estables y del ADN permiten completar dichos estudios y análisis para obtener la máxima información posible desde el punto de vista arqueológico, químico, bioquímico, biológico, etológico, ecológico, geográfico y geológico, entre otros factores a considerar. Por tanto, las muestras deben ser analizadas no como entidades aisladas, sino como elementos constituyentes de su entorno tafonómico y diagenético, a fin de obtener el mayor rendimiento posible de dichos estudios.

Materiales y métodos

Procedencia de las muestras

Las muestras óseas usadas en los análisis zooarqueológicos provienen de los conjuntos arquitectónicos 17, 27, 30, 35 y Plaza 3 de Huaca de la Luna (Perú). Estos sitios se encuentran en el Área Urbana y, en la mayoría de los Conjuntos Arquitectónicos (CA), corresponden a áreas que estuvieron destinadas a cumplir funciones de índole doméstica. Su configuración arquitectónica está afiliada a la Fase Moche III y las últimas ocupaciones de la Fase Moche IV, que es de donde proceden las muestras zooarqueológicas analizadas.

Análisis zooarqueológico: perfiles etarios y osteométricos

Los *perfiles etarios* permiten determinar el desgaste dentario de los maxilares superiores e inferiores y algunos dientes sueltos (Wheeler, 1982). La

edad de los incisivos se estimó según el trabajo de Puig y Monge (1983) y una colección moderna de referencia del “Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas” (ARQUEOBIOS) <<http://www.arqueobios.org>>. Los estudios de los perfiles etarios se realizaron a partir de los maxilares, la secuencia de la erupción dentaria y el desgaste.

Se han tenido muy en cuenta los patrones de erupción dentaria, a fin de evitar errores de interpretación. Para ello, se han comparado con muestras modernas de mandíbulas e incisivos de camélidos criados en ecosistemas costeros que pudieran modular su perfiles etarios. Se generó una matriz de datos con los intervalos de edad (tres, seis y nueve meses, uno a dos, dos a tres, tres a cuatro, y más de seis años). Posteriormente, se representaron en una gráfica de valores porcentuales relativos, para estimar el perfil etario de los conjuntos que presentan una muestra representativa.

Por su parte, se llevó a cabo la *osteometría* de las primeras falanges delanteras y traseras, según la metodología desarrollada por Kent (1982) y la propuesta de Driesch (1976). La especificidad y reproducibilidad de cada medida depende de la precisión en las diversas direcciones y ángulos de los planos de las medidas de las cinco variables usadas. Se estudiaron un total de 22 primeras falanges de las extremidades delanteras (no eligiendo las traseras) de los contextos anteriormente señalados, según los criterios de Kent (1982). Las medidas fueron tomadas tres veces, para incrementar su fiabilidad, utilizando un pie de rey digital con una precisión de $\pm 0,05$ mm.

Los datos de las medidas fueron analizados mediante una hoja de cálculo Microsoft Excel 2010 versión 14. Se realizó un análisis discriminante mediante las fórmulas de clasificación para cada especie de camélido (Kent, 1982). Los valores obtenidos de las variables P1V2 (ancho-proximal latero-medial) y P1V3 (ancho-proximal antero-posterior) para cada caso fueron representadas en un diagrama bivariado, para diferenciar las falanges de los grandes camélidos como llama y guanaco (*Lama guanicoe*) y de los pequeños camélidos como alpaca y vicuña (*Vicugna vicugna*) (Miller, 1979).

Análisis isotópicos

Se extrajo el colágeno de 20 muestras de primeras falanges de camélidos, según el protocolo de Jørkov et al, (2007), en el laboratorio de “Colección de Tejidos y ADN” del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (España). El colágeno extraído fue enviado al “Laboratorio para Datación Radiocarbónica” del Museo Universitario de la Universidad de Tokio (Japón), donde se evaluó la calidad del colágeno y la proporción atómica de C:N. Las muestras con buena calidad de colágeno y con rangos adecuados de la ratio C:N fueron analizadas en un espectrómetro de masas para cuantificar ambos isótopos. La precisión de los análisis fue de $\pm 0,2\%$ para $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$

3. Resultados y discusión

Estructuras de edad y perfil etario

El estudio del desarrollo dentario, desgaste oclusal de incisivos sueltos, molares y fragmentos de mandíbulas y maxilares con presencia de dientes ha permitido determinar las estructuras de edad de las muestras analizadas. Estas van desde los cinco a nueve meses, hasta los nueve a 10 años (CA35), según se muestra en la Tabla 1. Los incisivos analizados presentaron esmalte en ambos lados, lo cual indica que pertenecen a guanaco o llama. No se han encontrado incisivos con esmalte sólo en el lado labial (alpaca y vicuña) en las muestras analizadas, a diferencia de los obtenidos con la osteometría (donde se detectaron ambas especies). Esta situación se ha venido repitiendo en los diferentes conjuntos arquitectónicos de la ZUM. La discrepancia entre las técnicas empleadas para identificar los restos de camélidos de este sitio mochica y otros sitios de la misma época ha sido previamente descrita (Vásquez y Rosales, 2009). Como se indica más adelante, la fiabilidad estadística de la osteometría es mayor que la del perfil etario.

Se ha estudiado una muestra de 23 elementos óseos de CA35 (Tabla 1). Los resultados obtenidos indican que el 4,8%, 57,1% y 38,19% de los restos pertenecían a crías, individuos juveniles en edad reproductiva y adultos (mayores de tres años), respectivamente. En la Figura 1 se puede observar la tendencia de la curva de edades de los animales que fueron sacrificados en el CA35, siendo notorio el pico alcanzado en animales con intervalos de edad entre uno y tres años. Es posible que la abundancia relativa de animales juveniles (57,1%) en el mencionado conjunto sirviera para conservar los equilibrios entre individuos de ambos sexos dentro de los límites aconsejados por el manejo pastoril de estos rebaños, asumiendo un 50% de cada sexo en el nacimiento y una esperanza de vida similar para ambos, tal como sucede en la actualidad.

Tabla 1. Muestra ósea, edad estimada y especie de los restos de dentición de camélidos de CA 35 (Huaca de la Luna).

Contexto	Elemento óseo	Edad estimada	Género o especie
CA35-1	01 I2; esmalte en ambos lados	15 meses	<i>Lama glama</i>
CA35-1	01; fragmento anterior mandíbula con I1 permanente erupcionado	1 año y 6 meses	<i>Lama glama</i>
CA35-1	01 I2; esmalte en ambos lados	21 meses	<i>Lama glama</i>
CA35-4	01 I2; esmalte en ambos lados	15 meses	<i>Lama glama</i>
CA35-5	02 I2; esmalte en ambos lados	15 meses	<i>Lama glama</i>
CA35-9S	01 I2; esmalte en ambos lados	6 años	<i>Lama glama</i>
CA35-11-12	03; fragmentos izquierdos maxilar superior con Pd4; M1; M2 y M3	3 años y 3 meses	<i>Lama sp.</i>
CA35-13	01 I1; esmalte en ambos lados	2 años y 9 meses	<i>Lama glama</i>
CA35-13	01 I2; esmalte en ambos lados	2 años y 9 meses	<i>Lama glama</i>
CA35-13	01 I3; raíz cerrada; esmalte ambos lados	4 años	<i>Lama glama</i>
CA35-13b	01 I2; esmalte en ambos lados	6 años	<i>Lama glama</i>
CA35-13b	01; fragmento mandíbula izquierda con M1 y M2	>5 años	<i>Lama sp.</i>
CA35-13b	01; fragmento maxilar superior izquierdo con Pd4 roto; M1 y M2	3 años	<i>Lama sp.</i>
CA35-13b	01 I1; esmalte en ambos lados	2 años y 9 meses	<i>Lama glama</i>
CA35-13b	01 I2; esmalte en ambos lados	9 meses	<i>Lama glama</i>
CA35-13b	01 I2; esmalte en ambos lados	8 a 9 años	<i>Lama glama</i>
CA35-13b	01 I3; esmalte en ambos lados	8 a 9 años	<i>Lama glama</i>
CA35-CN30	01; fragmento mandíbula izquierda con alveolo PD4; M1 (roto); M2 y M3 erupcionando	3 años	<i>Lama sp.</i>
CA35-CN30	01; Mandíbula derecha con alveolo Pd3; Pd4; M1; el resto roto	2 años y 3 meses	<i>Lama sp.</i>
CA35-CN30	01 I2; esmalte en ambos lados	6 años	<i>Lama glama</i>

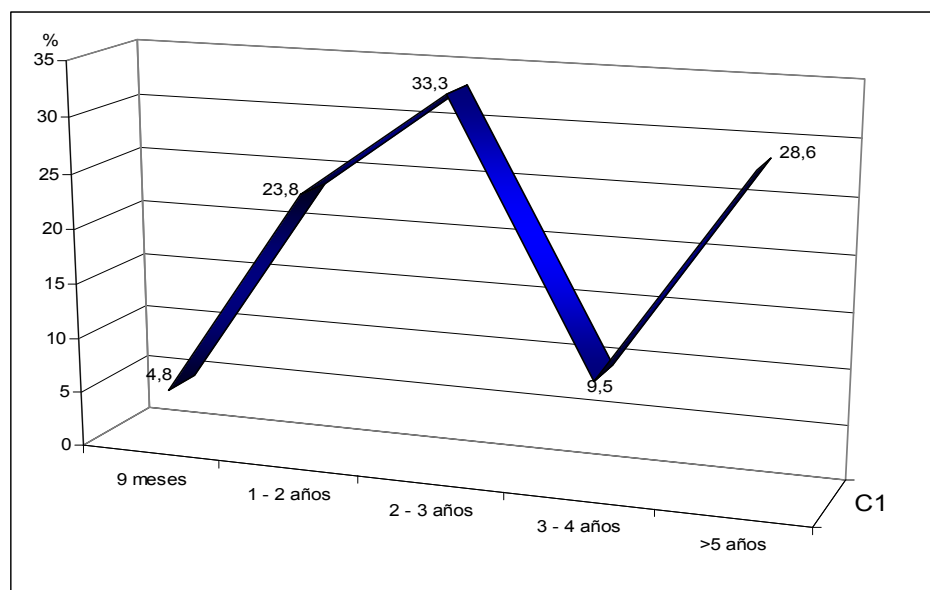


Figura 1. Perfil etario de la muestra de camélidos de CA35 (Huaca de la Luna).

Por otro lado, el exceso de machos podría ser sacrificado al llegar a la edad reproductiva para evitar luchas excesivas entre los mismos por las hembras en la época de celo, lo cual es negativo para la supervivencia de las especies. Por supuesto, los machos también podrían dedicarse a otras funciones como la carga y transporte de materiales, lo cual es habitualmente complementado con prácticas de castración. Sin embargo, no está claro que existiera una necesidad significativa de animales de carga (las representaciones iconográficas y escultóricas son variadas). Por tanto, el sacrificio de machos juveniles para consumo surge como una alternativa plausible en estas circunstancias. De hecho, los altos porcentajes de los perfiles etarios de la mayoría de las colecciones óseas de camélidos de la ZUM (Vásquez et al, 2003) puede considerarse como una prueba a favor de dicha hipótesis.

En cualquier caso, existen también otros factores que deben tenerse en cuenta. Así, estos conjuntos arqueológicos presentan un alto grado de fragmentación, que puede limitar a veces la obtención de algunos datos, como el sexo de las muestras. Por otro lado, es conveniente evaluar si los animales juveniles y subadultos representan una alternativa económicamente rentable como fuente de carne. Se ha sugerido que determinados perfiles etarios de los conjuntos arqueofaunísticos podrían tener una relación directa con el tipo de estrategias económicas implementadas por los grupos humanos; en este caso, por los mochica de la ZUM. Según Klein (1982) se distinguen dos tipos de perfiles de edad básicos en un conjunto zooarqueológico: el denominado "catastrófico" y el "atricional". El primero presenta algunos individuos de las sucesivas clases de edad en forma progresiva. Por su parte, el segundo tiene una mayor representación de los individuos más jóvenes y más viejos. Este último tipo de perfil parece corresponder a los materiales estudiados de los CA de la ZUM.

Por otro lado, es relevante el alto porcentaje de individuos adultos en las muestras estudiadas (38,1%), según se ha indicado. Ello ha sido considerado como una indicación del paso a una economía dirigida especialmente a la producción de leche y lana, según estudios realizados en el Cercano Oriente sobre conjuntos arqueofaunísticos de ovinos y caprinos (Davis, 1984). En el caso de los camélidos sudamericanos prehispánicos, esta documentada su utilización como productores de carne y lana, no existiendo aún indicios de que se explotaran antes o se exploten ahora como animales lecheros, aunque esta posibilidad no debe ser descartada, ya que los camellos proporcionan leche a los pobladores de África y Asia (si bien se trata de animales mucho mayores y con capacidad de producir más cantidad de dicho alimento).

Los perfiles etarios de los CA de la ZUM reflejan la instrumentación de diversas estrategias de control. Entre ellas se encuentran las relacionadas con los mecanismos de reproducción y sostenibilidad de los rebaños, lo cual es una prueba a favor de una crianza local. Una buena representatividad de individuos juveniles de entre uno y tres años sugiere que hubo posiblemente una matanza de los machos que llegaban a la edad reproductiva. Hay que recordar que las observaciones etnográficas y las pruebas zootécnicas indican que un macho puede fertilizar a un gran número de hembras.

Pozorski (1976) indica que la distribución de las estructuras de edad de los animales sacrificados muestra que los consumidos en Moche fueron generalmente adultos procedentes de rebaños que fueron mantenidos fundamentalmente para carne. No discute en dicho trabajo los aspectos relacionados con el manejo de los rebaños, pero la propuesta resulta interesante si se tiene en cuenta la planificación y decisiones de los ganaderos. Además, está respaldada por una propuesta donde se indica que una vez que los animales han sido seleccionados para carne, resulta más provechoso sacrificarlos inmediatamente después de que alcancen el tamaño adulto (Bonavía 1996). Esta estrategia cobra sentido para un manejo sistemático de los rebaños de la familia Camelidae en la Época Moche, lo cual sigue siendo otro de los indicadores que apoyan la hipótesis de una crianza local. A ello se suman las representaciones de camélidos y sus crías, como las que se observan en el libro de Donann (1978, Figura 179), así como los porcentajes recurrentes de crías en la muestra ósea de camélidos de otros CA de la ZUM y como ofrendas en los diversos entierros de la Plataforma de Huaca de la Luna. No obstante, la composición de los conjuntos a nivel etario podría deberse también a una planificación general, en relación a aspectos como las facilidades de transporte y manejo de los rebaños, aparte de los meramente relacionados con la obtención de carne en una economía de subsistencia.

Osteometría

La cuantificación osteométrica ha permitido identificar la especie a la que pertenecían las primeras falanges que fueron escogidas para los estudios isotópicos y de ADN antiguo (no mostrado). Se tomaron medidas a 22 primeras falanges delanteras y ocho primeras falanges traseras, de las cuales siete primeras falanges delanteras y cinco primeras falanges traseras fueron identificadas como llama. Por otro lado, 15 primeras falanges delanteras y tres

primeras falanges traseras se identificaron como alpaca (Tabla 2). De esta muestra se tomaron un total de 20 primeras falanges para los estudios isotópicos, con seis, 13 y una falanges clasificadas como llama, alpaca y vicuña, respectivamente (esta última, posiblemente proveniente de un animal desnutrido) (Tabla 2). A diferencia del estudio de los incisivos, este método permitió diferenciar ambas especies domésticas en todos los casos, sugiriendo el manejo de rebaños mixtos en este sitio. Como se ha indicado anteriormente, existe una contradicción de estos resultados con los obtenidos con el estudio del esmalte de los incisivos, siendo más fiable la osteometría desde el punto de vista estadístico (Kent, 1982).

Tabla 2. Valores osteométricos de 30 primeras falanges de camélidos sudamericanos de la Zona Urbana Moche de Trujillo.

Contexto	Primeras falanges delanteras*									Nombre científico
	P1V1	P1V2	P1V3	P1V4	P1V5	CCG	CCL	CCA	CCV	
(256) CA27/15 Capa F	69,05	19,6	18,4	17,49	15,74	243,40	263,98	262,45	255,80	<i>Lama glama</i>
(451) CA35/2 Rell Piso 3	68,36	19,59	17,8	16,88	15,41	252,63	267,68	266,21	262,19	<i>Lama glama</i>
(63) CA27/35A Rell de Intrus	63,26	19,22	16,83	15,21	15,04	229,15	242,78	246,62	243,51	<i>Lama pacos</i>
(438) CA35/2 Rell Piso 3	55,37	16,64	15,2	13,83	12,87	138,59	168,49	184,60	180,72	<i>Lama pacos</i>
(561a) CA30/Muro 71-Rell Muro	63,6	17,86	16,77	15,24	16,36	170,60	198,96	211,40	204,29	<i>Lama pacos</i>
(476) CA35/11-12 RellP4	70,99	19,56	18,71	16,32	15,8	279,89	284,09	281,95	283,14	<i>Lama glama</i>
(321) CA35/4 Rell Batan	73,73	21,74	19,82	18,49	16,68	317,44	324,37	312,09	306,38	<i>Lama glama</i>
(609) CA30/29 Rell P1	55,11	16,97	15,34	13,8	13,56	135,25	166,43	183,01	177,20	<i>Lama pacos</i>
(622) CA30/37 Rell P2	65,5	19,24	17,17	17,04	14,4	229,04	251,45	251,12	244,81	<i>Lama glama</i>
(561b) CA30/Muro 71 Rell Muro	63,15	18,53	17,16	16,25	14,45	199,19	225,46	230,39	223,68	<i>Lama pacos</i>
(307) CA35/1 Rell Tumba 23	67,77	20,62	17,12	16,8	16,11	267,46	279,43	275,79	269,96	<i>Lama glama</i>
(570) CA30/16 Rell P1	67,21	18,92	17,89	16,35	14,96	238,70	254,30	255,69	253,22	<i>Lama pacos</i>
(197) CA35/1 Piso 3	61,86	17,46	17,06	15,17	14,21	178,44	203,94	214,27	210,58	<i>Lama pacos</i>
(168) CA35/1 Relleno Piso 3	64,79	19,54	17,74	16,09	15,21	234,75	251,37	252,71	247,58	<i>Lama pacos</i>
(605) CA17/17 Intrusión	53,77	17,65	15,75	13,71	12,75	157,28	182,94	195,78	191,03	<i>Lama pacos</i>
(613a) CA17/4A Rell Piso 1	64,04	18,25	17,7	16,49	16,28	165,62	202,01	211,71	200,09	<i>Lama pacos</i>
(220) CA35/1 Relleno Piso 6B	56,84	18,04	16,15	15,93	13,94	139,51	181,22	191,91	178,65	<i>Lama pacos</i>
(223) CA35/13B Rell Piso 6B	63,36	19,94	17,54	16,97	16,2	201,76	232,76	235,45	221,88	<i>Lama pacos</i>
(65) CA35/1 Muro E	65,99	19,67	18,05	16,15	14,87	254,24	265,68	264,72	262,05	<i>Lama glama</i>
(63) CA35/13A Rell Piso 6A	71,89	19,73	18,9	17,09	17,98	244,71	262,72	264,04	257,27	<i>Lama pacos</i>
(128) CA35/13A Piso 6aR	51,12	18,82	15,5	14,92	14,16	122,94	166,21	178,94	161,80	<i>Lama pacos</i>
(514) CA17/4C Rell Piso 2	67,22	19,9	17,61	16,59	16,33	241,29	258,69	259,12	252,42	<i>Lama pacos</i>
	Primeras falanges traseras*									
(161) CA27/14 Rell Piso 1	62,36	18,53	16,47	15,61	13,77	360,2	362,89	358,09	357,34	<i>Lama glama</i>
(444) CA35/2 Rell Piso 3	63,2	18,03	16,65	15,22	13,55	365,94	366,75	362,57	363,26	<i>Lama glama</i>
(537) CA35/5 Rell P4	58,08	18,02	15,74	15,51	13,38	324,12	332,49	330,99	328,31	<i>Lama glama</i>
(207) CA35/1 Rell 6B	52,96	16,44	15,56	17,28	12,47	359,82	371,62	364,92	362,75	<i>Lama glama</i>
(250) CA35/1 Relleno Piso 6b	51	16,37	13,86	13,51	12,26	211,98	230,67	242,53	238,80	<i>Lama pacos</i>
(171) CA35/1 Relleno 6B	59,06	17,78	15,89	15,54	13,39	333,36	340,47	338,45	337,14	<i>Lama glama</i>
(583) CA17/3 Rell Piso 1	60,46	19,66	16,35	14,46	14,6	293,72	301,72	304,34	296,66	<i>Lama pacos</i>
(331) CA35/1 Rell 6B	53,76	17,32	16,02	14,05	12,02	153,33	181,32	193,65	189,16	<i>Lama pacos</i>

* Abreviaturas usadas: P1V1 (Primera falange, Variable 1); P1V2 (Primera falange, Variable 2); P1V3 (Primera falange, Variable 3); P1V4 (Primera falange, Variable 4); P1V5 (Primera falange, Variable 5); CCG (Coeficiente de Clasificación del Guanaco); CCL (Coeficiente de Clasificación de la Llama); CCA (Coeficiente de Clasificación de la Alpaca); y CCV (Coeficiente de Clasificación de la Vicuña).

Sin embargo, la osteometría usada no ha diferenciado satisfactoriamente entre los grupos de animales grandes (llama y guanaco) y pequeños (alpaca y vicuña), tal como se observa en el diagrama de discriminación entre las dos

especies identificadas (Figura 2). Así, aparecen seis primeras falanges correspondientes al grupo de camélidos grandes, pero hay también un número similar de falanges de llama (camélido grande) que están dentro del espacio del grupo de los camélidos pequeños (alpaca). Este error puede ser debido al hecho de que la base de datos usada, que corresponde a un sitio andino alto (La Raya, Puno), no sea representativa para una muestra de camélidos prehispánicos costeros ya extintos, como los del presente trabajo. También puede ser debido a la presencia de híbridos entre ambas especies, pudiendo haber algunos con características típicas de llama, y otros de alpaca, según se detalla en el trabajo de Vásquez y Rosales (2009).

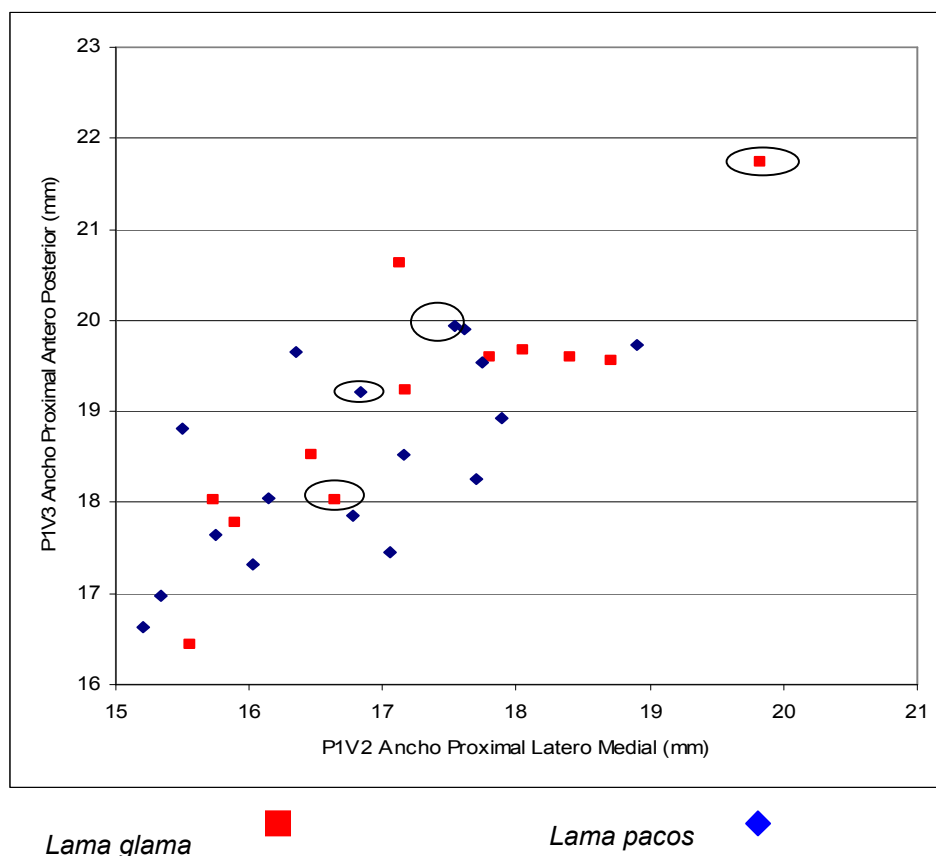


Figura 2. Diagrama bivariado mostrando las falanges utilizadas en los estudios isotópicos, identificadas mediante la discriminación osteométrica de P1V2 vs P1V3. Los datos de las falanges encerradas en círculos corresponden a las muestras con valores isotópicos con una relación C:N satisfactoria. Ver pie de la Tabla 2.

Isótopos de carbono y nitrógeno

Se analizaron los isótopos estables de C y N de un total de 20 primeras falanges, preseleccionando las mejor conservadas, para tener una mayor probabilidad de obtener una buena cantidad de colágeno de calidad. Sólo cuatro primeras falanges proporcionaron ratios C:N adecuados. En la Tabla 3 se observan los datos obtenidos después de la extracción del colágeno, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$, y las ratios C:N. Las cuatro primeras falanges corresponden en dos muestras de llama y otras dos de alpaca. Las otras 16

primeras falanges no generaron valores isotópicos adecuados, debido a la degradación de su colágeno.

Tabla 3. Valores de isótopos estables (C y N) de muestras de primeras falanges de camélidos de la Zona Urbana Moche (Huaca de la Luna).

Muestra	Procedencia	Elemento óseo	Especie	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C/N Ratio
505	CA17/17 Intrusión	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	ND	ND	
220	CA35/1 Relleno P3	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	ND	ND	
514 FRAC	CA17/4C Relleno P2	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	ND	ND	
613	CA17/4A Relleno P1	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	ND	ND	
63	CA27/35A Relleno Intrusivo	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	-12,34	6,23	3,21
223	CA35/13B Relleno P6B	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	ND	ND	
570	CA39/16 Relleno Piso 1	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	ND	ND	
561a	CA30/Muro 7 Relleno Muro	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	ND	ND	
476	CA35/11-12 Relleno P4	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	ND	ND	
548	CA30/38 Relleno P2	Primera falange delantera	<i>Vicugna vicugna</i>	ND	ND	
321	CA35/4 Relleno Batan	Primera falange delantera	<i>Lama glama</i>	-0,43	6,15	3,28
609	CA30/29 Relleno P1	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	ND	ND	
622	CA30/37 Relleno P2	Primera falange delantera	<i>Lama glama</i>	ND	ND	
561b	CA30/Muro 7 Relleno Muro	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	ND	ND	
307	CA35/1 Relleno Tumba 23	Primera falange delantera	<i>Lama glama</i>	ND	ND	
197	CA35/1 P3	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	ND	ND	
168	CA35/1 Relleno Piso	Primera falange delantera	<i>Lama pacos</i>	-13,49	10,57	3,54
444	CA35/5 Relleno P4	Primera falange trasera	<i>Lama glama</i>	-15,85	5,22	3,25
537	CA35/5 Relleno P4	Primera falange trasera	<i>Lama glama</i>	ND	ND	
161	CA27/14 Relleno P1	Primera falange trasera	<i>Lama glama</i>	ND	ND	

* Abreviatura usada: ND (No Disponible, correspondiente a muestras que no produjeron valores C:N adecuado para los análisis).

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las muestras de camélidos de la ZUM tienen un rango que va desde -10,43 a -15,85 (media aritmética: $\bar{x} = -13,02 \pm 2,26$). Uno de los individuos, identificado por osteometría como alpaca, presentó valores de $\delta^{13}\text{C}$ que sugieren un consumo de vegetación marina. Similares resultados se han observado en especímenes del Cerro Baúl (12 km al norte de Moquegua), y también en especímenes de Huaca Santa Clara (Valle del Virú, Trujillo), donde la información isotópica ha sido contrastada con valores isotópicos de la vegetación y el agua (Szapak et al, 2009). Un espécimen clasificado como llama (muestra 444) mostró valores de $\delta^{13}\text{C}$ para una dieta mixta de plantas C3 y C4, y dos especímenes identificados como alpaca (muestra 63) y llama (muestra 321) mostraron valores correspondientes a una dieta de plantas C4, que es típica de los herbívoros terrestres (Tabla 3 y Figura 4).

Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ tienen un rango que va desde 10,57 a 5,22, con un promedio de $7,04 \pm 2,39$. Estos valores, a excepción de la muestra 168 que tiene un valor alto de $\delta^{15}\text{N}$ (10,57), están dentro de los rangos estimados para herbívoros terrestres, que están viviendo en hábitats de baja elevación, alejados de la costa (Thornton et al, 2011). Esto indicaría que estos camélidos,

debieron pastar en la parte media del valle de Moche, cuya vegetación es de tipo C4.

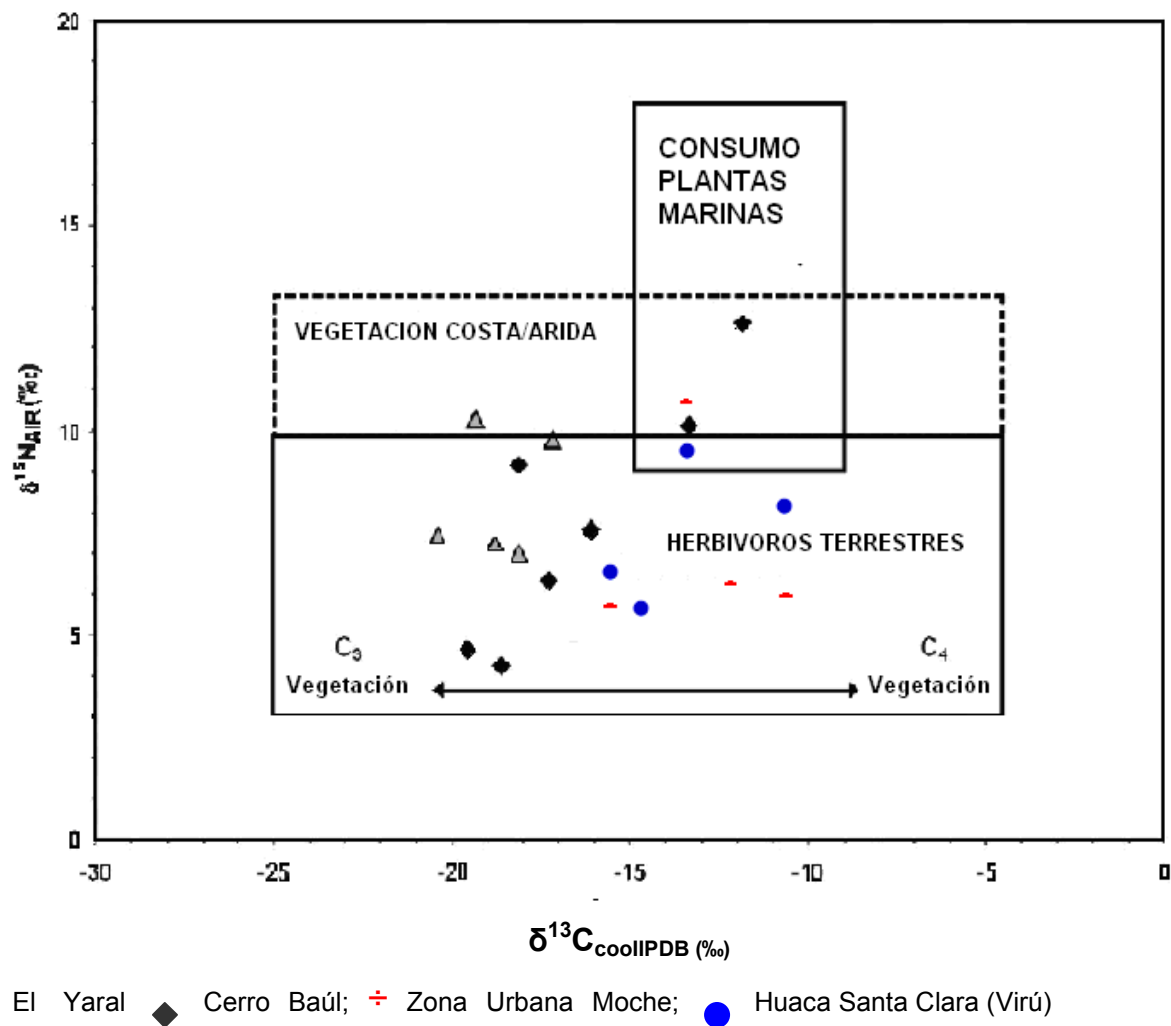


Figura 3. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ obtenidos de colágeno de hueso de la Zona Urbana Moche, comparados con tres sitios costeros. Adaptado de Thornton et al (2011) y Szpak et al (2009).

Los resultados de los especímenes de la ZUM permiten relacionar la identidad de los restos óseos, los datos isotópicos y las pruebas de la crianza local. Por un lado, se dispone de datos robustos que indican una crianza local, y por otro lado, los datos isotópicos permiten discutir aspectos sobre la crianza local y el pastoreo. Así, los valores isotópicos indican que hubo consumo de vegetación marina y plantas C4, y en un caso, consumo de vegetación mixta. No está claro si hubo camélidos que hubieran consumido exclusivamente vegetación C3; es decir, vegetación de las llamadas zonas Alto Andinas. Por lo tanto, se podría descartar que los camélidos en la ZUM procedieran de las zonas andinas altas del valle de Moche. Así, las pruebas de crianza local se refuerzan con los datos isotópicos de las tres muestras (63, 168 y 321), que en un caso indican consumo de plantas marinas (muestra 168) y de vegetación C4?? en los otros dos casos (muestras 63 y 321). Ello sugiere que los

camélidos de la ZUM debieron pastar cerca del mar y también en las inmediaciones del sitio (cerca del Valle Medio).

En cualquier caso, sería interesante realizar más estudios de isótopos de estroncio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), para confirmar si se trata de individuos criados localmente (trabajo en curso). Por ejemplo, en el caso del Cerro Baúl, los datos de isótopos de Sr previos han mostrado que se trataba de animales que vivieron localmente; es decir, con la misma geología que el Cerro Baúl (Thornton et al, 2011). Por otro lado, existe información del consumo de algas marinas (DeNiro, 1988). También se han encontrado diatomeas marinas en los coprolitos de los camélidos de Puémape (Valle de Jequetepeque) (Vásquez, 1991), lo cual representa otra prueba del consumo de este tipo de vegetación.

Desde el punto de vista etnohistórico, es interesante constatar que los camélidos prehispánicos del valle de Virú pastaban cerca al mar y consumían la llamada “grama salada” (*Distichlis spicata*), que es una gramínea que crece cerca al mar (Rostoworowski, 1988) y tiene alto contenido de silicio, siendo por tanto ideal para la dentición de estos herbívoros. Estos datos fueron contrastados con los estudios microscópicos de coprolitos, donde hemos encontrado granos de polen y tejidos epidérmicos foliares de dicha planta, así como también del denominado “matojo de burro” (*Sporobolus virginicus*), que es otra gramínea que crece cerca de la línea de playa (Vásquez, 1991).

Conclusiones

Los datos de los isótopos estables de carbono y nitrógeno, que provienen del colágeno de las falanges, indican que los camélidos de la ZUM pastaban cerca de la orilla marina y también en el Valle Medio, posiblemente en el área de Lomas, al este de Huaca de la Luna. Al respecto hay pruebas de corrales y áreas de pastoreo cerca del Cerro Arena (Valle Medio de Moche) y en el área de Lomas colindante con Huaca de la Luna. Por otro lado, los datos isotópicos concuerdan con la información zooarqueológica de los camélidos de la ZUM. Así, se dispone de pruebas claras de perfiles etarios y de datos osteométricos que apoyan la hipótesis de una crianza local. La posibilidad de rebaños mixtos se refuerza por los datos de datación. Finalmente, el análisis microscópico de los coprolitos debe complementarse con el estudio de isótopos estables (estudio en curso), a fin de completar estos trabajos zooarqueológicos, especialmente en lo relativo a la paleodieta de estos animales. De este modo, se podrá obtener información más precisa de la historia natural de los camélidos prehispánicos.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido posible gracias a la financiación anual del Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna, por medio del Dr. Santiago Uceda. La valoración del colágeno y los datos isotópicos se realizaron en el “Laboratorio para Datación Radiocarbónica” del Museo Universitario de la Universidad de Tokio (Japón), gracias a la ayuda prestada por Eisei Tsurumi, Kunio Yoshida y Eri Azami.

Referencias Bibliográficas

- Bonavia D. 1996. Los Camélidos sudamericanos: una introducción a su estudio. IFEA-UPCH-Conservation International. Lima pp. 858.
- Davis SJM. 1984. "The advent of milk and wood production in Western Iran: some speculations". En: *Animals and Archaeology: 3, Early Herders and their flocks* (Eds. J. Clutton-Brock y C. Grigson): 265-278.
- DeNiro MJ. 1988. Marine food sources for prehistoric coastal Peruvian camelids: isotopic evidence and implications. In *Economic Prehistory of the Central Andes* Wing ES Wheeler JC (eds). BAR International Series: Oxford; 119-129.
- Driesch A. 1976. A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, Peabody Museum Bulletin No. 1, Cambridge, Massachusetts.
- Donann C. 1978. *Moche Art of Perú. Pre-Columbian Symbolic Communication*. Los Angeles, Museum of Cultural History, University of California.
- Jørkov M.L, Heinemeier J, Lynnerup N. 2007. Evaluating bone collagen extraction methods for stable isotope analysis in dietary studies. *Journal of Archaeological Science* 34(11): 1824-1829
- Kent J. 1982. The Domestication and exploitation of the South American camelids: Methods of analysis and their application to circum-lacustrine archaeological sites in Bolivia and Peru. PhD. Dissertation, Washington University-St. Louis. University Microfilms. Ann Arbor.
- Kent J, Vásquez V, Rosales T. 2001. "Pastoreo y manejo de camélidos en la Época Lambayeque: datos zooarqueológicos" En: *El uso de los camélidos a través del tiempo* (Eds. G. L. Mengoni, D. Olivera y H. Yacobaccio): 131-143.
- Klein RG. 1982. "Age (mortality) profiles as a means of distinguishing hunted species from scavenged ones in Stone Age archaeological sites" *Paleobiology*, 8(2): 151-158.
- Miller GC. 1979. An introduction to the ethnoarchaeology of the Andean camelids. Tesis Doctoral. Berkeley. University of California.
- Pozorski S. 1976. Prehistoric Subsistence Patterns and site economies in the Moche Valley, Peru. Dissertation presented to the Faculty of the Graduate School of the University of Texas at Austin. pp. XV + 474p.
- Puig S, Monge S. 1983. "Determinación de la edad en Lama guanicoe (Müller). Deserta 7. Mendoza, Argentina. pp. 246-270.
- Rostworowski M. 1988. *Historia del Tahuantinsuyu*. Instituto de Estudios Peruanos. Lima.
- Shimada M, Shimada I. 1981. "Explotación y Manejo de los Recursos en Pampa Grande, sitio Moche V. Significado del análisis orgánico". en: Revista del Museo Nacional. Tomo XLV, pp. 19-73.
- Szpak P, White C, Millaire JF y Longstaffe F. 2009. Isotopic evidence for camelid diet and management practices in the Virú valleys, Northern Perú (Early Intermediate Period). Paper presented at the 28th Northeast conference on Andean Archaeology and Ethnohistory, New Paltz, New York, October 3-4 2009.
- Thornton EK, Defrance A, Krigbaum J, y Williams PR. 2011. Isotopic evidence for middle horizon to 16th century camelid herding in the Osmore Valley,

- Perú. *International Journal of Osteoarchaeology* 21: 544-567.
- Vásquez V. 1991. Estudio microscópico de coprolitos de camélidos del sitio Puémape - Valle Jequetepeque. Informe presentado a la Primera Expedición Científica del Museo de La Nación a la Costa Norte del Perú. Lima-Perú.
- Vásquez V, Rosales T, Morales A y Roselló E. 2003. "Zooarqueología de la Zona Urbana Moche, Complejos Huacas del Sol y la Luna, valle de Moche". En: *Moche: hacia el final del milenio* (Eds. Santiago Uceda y Elías Mújica) págs. 33-63. Universidad Nacional de Trujillo y Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vásquez V, y Rosales T. 2009. Osteometría y genética de los camélidos mochica, costa norte del Perú. *Revista del Museo de Antropología* 2(1): 141-150, 2009. Facultad de Filosofía y Humanidades – Universidad Nacional de Córdoba - Argentina.
- Wheeler J. 1982. Aging llamas and alpacas by their teeth. Llama World 1 Denver, Colorado. pp. 12-17.
- Wheeler J, Russel AJF, y Redden, H. 1995. "Llama and Alpacas: Pre-conquest Breeds and Post-conquest Hybrids". *Journal of Archaeological Science* 22, 833-840.

Evidencias de trauma en el periodo formativo en el valle de San Francisco, Jujuy, Argentina

Ortiz María Gabriela¹; Seldes Verónica²; Bosio Luis³

¹CONICET- CREA- FHyCS. UNJu. E-mail: yolatordo@hotmail.com

² CONICET-INAPL. 3 de Febrero 1378 C.P.1426. E-mail: vseldes@gmail.com

³Cátedra de Medicina Legal Facultad de Medicina UBA

Resumen

Las sociedades que vivieron durante el Período Formativo en el noroeste de Argentina, fueron interpretadas como grupos sin diferencias sociales estructurales y con relaciones de interacción entre sí. Esto configura un escenario con ausencia de conflictividad social lo cual se vería reflejado en el registro arqueológico. En este trabajo se presenta el caso de dos individuos procedentes de la región piedemontana de las Yungas de Jujuy, Argentina con cronologías que los adscriben al Período Formativo (800 aC-500 dC), con evidencias de lesiones vitales en el cráneo las cuales dan cuenta de la presencia de violencia interpersonal entre los grupos tradicionalmente denominados “San Francisco”.

Key words: Formative Period, San Francisco Tradition, foothill region, bioarchaeology, cranial injuries, interpersonal violence.

Abstract

Societies that lived during the Formative period in northwestern Argentina, have been interpreted as groups without social structural differences and with relations of interaction with each other. This sets up a scenario without social conflict, which would be reflected in the archaeological record. This paper presents the case of two individuals from the region of the Yungas pedemontanas of Jujuy, Argentina, with chronologies that ascribe the Formative Period (800 BC – 500 AD), with evidence of skull injuries which account the presence of interpersonal violence among groups traditionally called “San Francisco”.

Palabras claves: Período Formativo, Tradición San Francisco, región pedemontana, bioarqueología, traumas craneales, violencia interpersonal.

Introducción

En este trabajo se analizan restos óseos humanos provenientes del valle del Río San Francisco, asociados a lo que tradicionalmente se ha denominado Tradición San Francisco del período Formativo.

Este Período, denominado Formativo o también Intermedio Temprano, ha sido habitualmente definido como el momento de nacimiento de las primeras sociedades aldeanas con una economía basada en la producción de plantas y animales domésticos. Algunos investigadores consideran que es en este momento cuando comienza a producirse estratificación social mientras que otros postulan que se trata de grupos autónomos y autosustentables. El mismo tiene una extensa perduración (800 aC - 600 dC) del cual aún no hay suficiente evidencia en el Noroeste Argentino (NOA) como para afinar la cronología tal como se ha realizado para la cuenca del lago Titicaca en Bolivia, identificando al menos tres momentos diferentes que incluyen el comienzo del desarrollo de Tiwanaku (Hastorf 2008).

En el caso del NOA, a lo largo de la literatura arqueológica se ha mencionado a esta época como el momento de proliferación de sociedades sedentarias (Gonzalez y Perez 1972), con pequeños grupos que fueron ocupando diferentes áreas de la región (Leoni y Acuto 2008), asentándose cerca de los recursos productivos (Nielsen 2001, Olivera y Palma 1986). Las áreas domésticas y productivas no habrían estado separadas (Nielsen 2001) siendo que estas últimas no habrían superado el nivel de productividad de tipo doméstico (Leoni y Acuto 2008).

Se trataría de comunidades pequeñas similares entre sí entre las cuales no habría indicios de controles políticos centralizados o desigualdades sociales estructurales (Nielsen 2001). Esto configuraría un escenario de baja conflictividad y, vinculado a esto último, bajas expectativas arqueológicas de registrar evidencias de traumas por violencia interpersonal.

Las investigaciones que se vienen realizando en los últimos años a lo largo del NOA, están señalando mayor diversidad de la supuesta inicialmente y una sobre simplificación del tipo de organización y modos de vida de los pueblos que habitaron la región en el período mencionado. De esta manera, la visión tradicional de sociedades estáticas, sin conflictos ni desigualdades, estaría subsumiendo una complejidad que aún sigue generando debates frente a nuevos hallazgos. La presencia de centros ceremoniales en Campo del Pucará (Nuñez Regueiro 1998), asentamientos que dan cuenta de particulares concepciones de la vida social, los del valle de Santamaría y de Yutopían en Catamarca (Leoni y Acuto 2008, Tarragó y Scatolin 1999), la presencia de cementerios o áreas exclusivas de entierros en los valles Calchaquíes, como los de Cancha de Paleta y Salvatierra (Baldini 2007, Seldes y Zigarán 2010), mostrarían la diversidad de prácticas socioculturales a nivel interregional señalada.

Sumado a esto, nuevos estudios están mostrando casos de violencia interpersonal para el período: Las Pirguas (Depto Guachipas Salta), Til 20 (Quebrada de Humahuaca, Jujuy), campo del Pucará (Catamarca), entre otros

(Baffi y Torres 1993, Mendonça et al 2002, Roldan y Sampietro Vattuoni 2011, Tartusi y Nuñez Regueiro 1993).

Caracterización de la cultura San Francisco

Las investigaciones arqueológicas en la región del río San Francisco se remontan a principios del siglo pasado cuando la llamada “expedición sueca” recorrió la porción este de la provincia de Jujuy en el noroeste de Argentina (Boman 1908; Nordenskiöld 1903).

Ubicado en el piso de la selva pedemontana entre ambientes de puna y de la llanura chaqueña, el sector medio y alto del llamado valle del río San Francisco, que constituye un sistema fluvial de gran importancia, estuvo densamente ocupado por poblaciones prehispánicas desde aproximadamente mediados del primer milenio antes de Cristo (Ortiz 2003, 2007). Las dataciones radiocarbónicas realizadas ubican la ocupación humana en el rango cronológico que va desde el 800 aC. al 500 dC.

Las sociedades que vivieron durante este período exhiben una marcada uniformidad material reflejada en sus estilos alfareros, por lo que fueron definidas en los años '70 bajo el rótulo de “Tradición San Francisco” (Dougherty 1975). Las investigaciones conducidas hasta el presente han relevado sitios exclusivamente unicomponentes (Serrano 1962, Dougherty 1975, Ortiz 2003, 2007, 2011), siendo una característica llamativa la ausencia total de cualquier otro estilo cerámico diferente al llamado “San Francisco” durante el lapso de ocupación arqueológica establecido para la región.

La economía de estos grupos parece estar basada en un importante componente extractivo complementado con prácticas agrícolas de una diversidad de especies, tanto domésticas como semi-domesticadas (Ortiz y Heit 2011). Estas poblaciones habrían tenido un alto grado de sedentarismo con pautados patrones de movilidad a partir de estos asentamientos permanentes (Ortiz 2007).

Estudios de ADNmt apoyan la idea de un sustrato poblacional endogámico (Moraga y Ortiz 2010), lo que se vería reflejado en marcadas prácticas de territorialidad y en la ocupación continua del territorio durante más de 1.000 años. La ausencia de competencia por el control o acceso a los recursos daría por resultado una baja expectativa de violencia o conflicto de acuerdo a lo esperado para el Período Formativo (Nielsen 2001).

Exiguos estudios bioarqueológicos se han realizado sobre material de este momento exhumado en sitios arqueológicos de las selvas pedemontanas de la provincia de Jujuy, siendo la razón principal la importante alteración del registro arqueológico y la escasez de investigaciones sistemáticas, sobre todo porque esta región corresponde a la de mayor desarrollo agrícola actual con una superficie afectada por el cultivo extensivo de más del 80%.

A pesar de tener un ambiente subtropical, las características pedológicas de gran parte del valle de San Francisco han preservado los restos óseos en

buenas condiciones, con algunas excepciones particulares. El modo de vida de las sociedades "San Francisco" perduró sin mayores cambios durante mil años hasta que por razones hasta el momento desconocidas culminó alrededor del 500 dC. y no hay datos acerca de si estos grupos fueron reemplazados por otras poblaciones o nuevas formas de organización social en los siglos siguientes.

Los restos esqueléticos recuperados hasta la actualidad en diferentes sitios del sector medio y alto del valle se encuentran asociados exclusivamente a cerámica de estilo San Francisco, por lo que en aquellos casos que no provienen de excavaciones sistemáticas pueden ser adscriptos a estos grupos sobre la base de otros indicadores, como por ejemplo la deformación craneana.

En este trabajo se presentan los resultados del análisis de lesiones traumáticas en fragmentos craneales de dos individuos recuperados en dos sitios del departamento San Pedro de Jujuy (Argentina): Pozo de la Chola y casco urbano de la ciudad (figura 1).

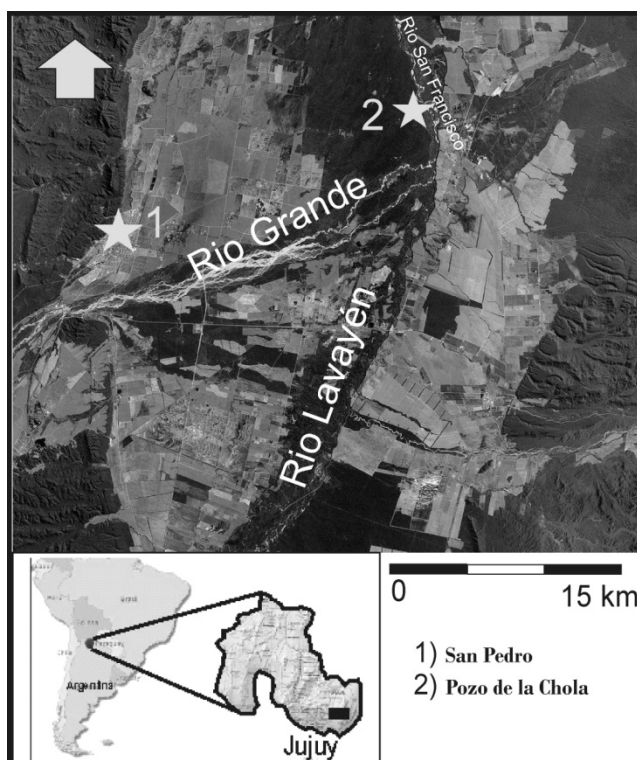


Figura 1: Ubicación de los sitios en donde fueron encontrados los restos óseos estudiados

Materiales y Métodos

Los restos óseos analizados corresponden a dos individuos provenientes de rescates realizados por aficionados en dos sitios diferentes del departamento San Pedro de Jujuy, uno de ellos ubicado en el casco urbano de la ciudad y el segundo en las márgenes del río San Francisco. En el primer caso se recuperaron otros restos esqueléticos que permitieron estimar la edad

con mayor precisión que en el segundo caso en el cual sólo se cuenta con el fragmento craneal.

Individuo 1:

El mismo fue recuperado por personal de la Policía de la provincia de Jujuy (delegación San Pedro), en una arteria del Barrio Santa Ana de la ciudad de San Pedro de Jujuy en el año 2009 durante la instalación de la red de gas. De acuerdo a la información proporcionada por el personal policial interviniente, el individuo exhumado se encontraba a una profundidad de 1 metro aproximadamente; al no haber sido excavado por personal especializado en la temática, no se cuenta con información contextual ni tiene datación asociada.

Es importante destacar que en un radio de 1 kilómetro aproximadamente, comprendido por los Barrios San Francisco y Santa Ana, en un lapso de más de 15 años, se han realizado diversos tipos de hallazgos arqueológicos entre los que se incluyen dos grandes vasijas modeladas, restos de hornos “tipo campana” y una diversidad de objetos que permanecen en posesión de los vecinos (figura 2). Se puede así asumir que todos estos materiales (incluido el entierro estudiado), son parte de un antiguo asentamiento de grandes dimensiones. El cráneo analizado tiene una deformación cultural con aplanamiento del occipital del tipo tabular erecta. Esto es importante puesto que permite asegurar su antigüedad ya que los grupos etnográficos con los que se encontraron los españoles al momento de la conquista del valle no practicaban la deformación craneana.

Por el contrario todos los esqueletos conocidos hasta la actualidad excavados en diferentes sitios del sector alto y medio del valle muestran deformación craneana. A su vez los resultados de los estudios isotópicos realizados en este individuo lo agrupan con otros provenientes de diversos sitios arqueológicos de la región, lo que sumado a las evidencias ya mencionadas nos permite afirmar su asignación a la población “San Francisco” (Ortiz et al 2011).

Lamentablemente las posibilidades de contar con mayor información contextual se ven limitadas debido a que ambos barrios llevan más de 20 años construidos y estos hallazgos fortuitos fueron realizados con la intervención de maquinarias al cortar las arterias no asfaltadas para la instalación de servicios públicos (gas y agua).

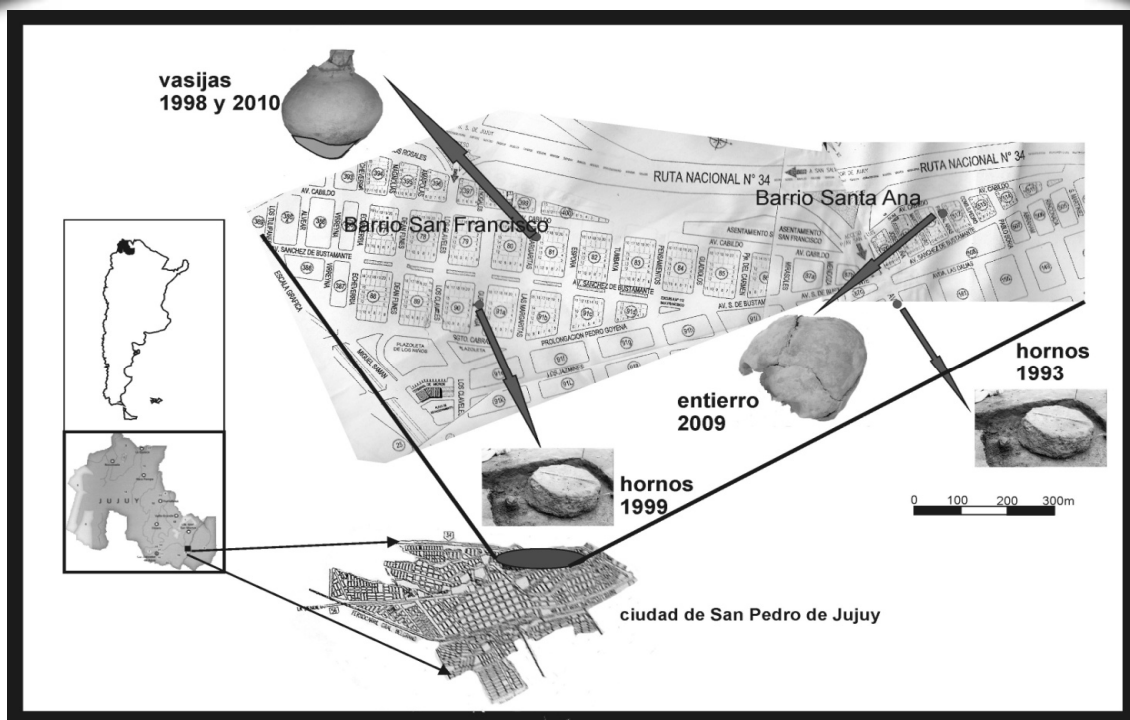


Figura 2: ubicación del hallazgo del individuo 1 y de otros materiales arqueológicos

Se recuperaron fragmentos de la calota craneana, frontal, maxilar superior derecho e izquierdo sin fusionar, parietal derecho, mandíbula, occipital, fémur izquierdo y derecho, tibia izquierda y derecha, peroné izquierdo y derecho, húmero izquierdo y derecho, radio izquierdo y derecho, clavícula derecha, dos fragmentos de vértebras cervicales, tres de vértebras dorsales, 4 costillas izquierdas y 6 derechas, 17 fragmentos de costillas de lateralidad indeterminada, 8 tarsos y metatarsos, 18 piezas dentales. No presenta fusión de las suturas lo que permite estimar que se trata de un individuo de edad infantil (3 a 12 años). Se observa ligera diastásis de las suturas por falta de fusión de las mismas.

Cráneo 2:

Restos parciales de un individuo adulto fueron recuperados en la base de la terraza del río San Francisco en el sitio Pozo de la Chola Ubicado a la vera del cauce actual del río San Francisco sobre una terraza fluvial de 2 mts de potencia (24°06'56'' lat. S. y 64° 42'59'' long. O). Este sitio está siendo trabajado en forma sistemática desde el año 2009. Aunque los restos parciales del individuo analizado en esta oportunidad no fueron recuperados por personal especializado⁴, proviene del mismo lugar donde ya se han exhumado 5 individuos casi completos.

Se ha excavado hasta el presente una superficie total de 88m². Dos sectores con funcionalidades diferentes han sido puestos al descubierto, uno correspondiente a un área con evidencias de actividades domésticas y otro interpretado como un sector exclusivamente funerario (UPA y UPB

⁴ Fue recuperado por la ex-directora del Museo Municipal de la ciudad de San Pedro de Jujuy, Sra Nora Ruiz

respectivamente). Sin embargo en ambos lugares se han excavado restos humanos los que presentan diferencias tanto en el programa de entierro como en el trato conferido a los restos óseos. Los restos parciales analizados en esta oportunidad provienen del denominado sector UPB de acuerdo a la información proporcionada por los que realizaron el rescate (figura 3).

Este sector presenta una extensión total excavada hasta el momento de 24m² y se han exhumado hasta ahora 4 individuos en conexión anatómica y los restos parciales de un perinato⁵. Dos de los individuos son adultos masculinos, un tercero es probablemente femenino (Nieva com. pers.), y asociado espacialmente a ella un entierro de un infantil con una edad estimada de 18±6 meses a partir de la erupción dentaria (Esponda Vila 1994, Ubelacker 1999). Este último presenta marcada deformación craneana al igual que todos los otros individuos exhumados.

Por debajo de este entierro y en dirección Este a una distancia de dos metros se encontró el esqueleto de un hombre adulto. Presenta marcada deformación craneana de tipo tabular erecta, y ausencia del antebrazo (radio, cúbito), y de la mano derecha. A la altura de la cabeza sobre el lado derecho le fue colocada una escudilla gris incisa invertida como único acompañamiento mortuorio. A la izquierda de este entierro en el año 2009, durante los trabajos de rescate en este mismo lugar⁶, se excavó otro esqueleto con modalidad de entierro primario extendido correspondiente a un adulto masculino.

A pesar de que los restos parciales del individuo con evidencia de violencia no fueron recuperados en las excavaciones sistemáticas, su lugar de hallazgo permite contextualizarlo como uno de los entierros que fue realizado en el sector UPB. Las dataciones realizadas en el sector UPA, ubican la ocupación del sitio a comienzos de la Era Cristiana (2030 ± 80 años aP (LP-2217) [88 AC: 77 AC] [56 AC: 128 AD] y 2030 ± 50 años aP (LP-2248), [40 AC: 74 AD]), ambas fechas obtenidas sobre carbón vegetal. Los fechados de los restos óseos del sector B se encuentran en proceso.

⁵ Es posible que en este caso también se trate de una inhumación primaria pero debido a que fue excavado sobre el perfil de la barranca del río, solo se recuperaron restos parciales. De todas maneras se encuentran representados fragmentos de diversas partes del esqueleto por lo que asumimos que se trató de un entierro completo.

⁶ El sitio fue puesto al descubierto por una crecida estacional del río durante la época estival. Personal no profesional del municipio local excavaron alrededor de un entierro primario que quedó parcialmente expuesto. Debido a que peligraba la integridad de los restos óseos se procedió a realizar un rescate para preservar el hallazgo.

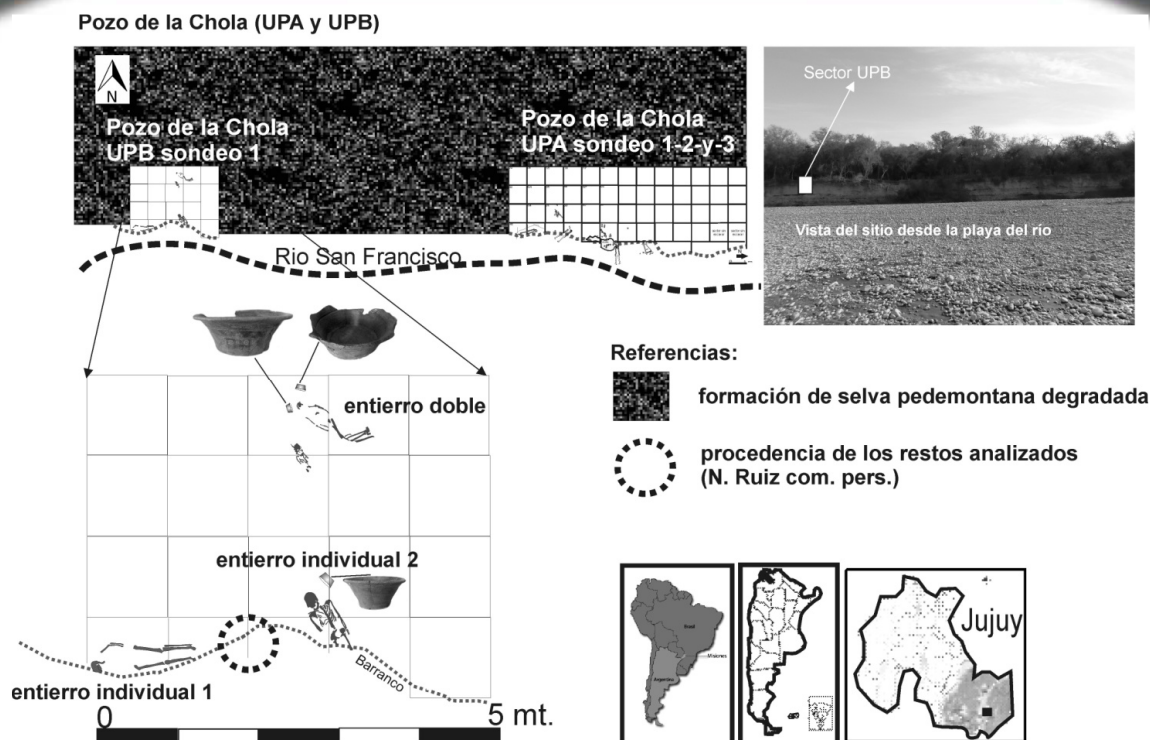


Figura 3: Ampliación del sector UPB del sitio Pozo de la Chola de donde proviene el individuo 2 analizado⁷.

Metodología:

El análisis de restos óseos humanos provee información acerca de los modos de vida de los pueblos prehispánicos y constituye una importante línea de investigación directa sobre las diversas manifestaciones del conflicto y la violencia interpersonal (Larsen 1997).

En este caso se analizan en primer lugar los restos óseos a fin de estimar el perfil biológico básico de los mismos, estimando edad y si fuera posible determinando sexo. La edad se estima a partir de la fusión de las suturas craneales para el cráneo 2 dado que no se cuentan con otras piezas esqueléticas. Para el cráneo 1 se incorpora el análisis del grado de erupción dentaria y de métodos morfométricos (Buikstra y Ubelaker 1994).

Las lesiones traumáticas se registraron a partir de la determinación de su ubicación en el cráneo y luego en relación a las suturas más cercanas, se describió el tipo de fractura y forma (oval, circular, puntual, estrellada, lineal, otras) y finalmente se midieron su largo y ancho (Campillo 2001, Galloway 1999, Lovell 1997).

Las lesiones pueden generarse por eventos accidentales aunque dependiendo de factores como el tipo de lesión, forma y lugar específico del trauma, en la mayoría de los casos suelen asignarse a situaciones de violencia interpersonal (Judd 2006, Lovell 1997, Milner 2005, Webb 1995).

⁷ Se indican los otros hallazgos de restos óseos que fueron excavados en este mismo sector.

Se trabajó en la distinción entre lesiones perimortem y postmortem teniendo en cuenta que ambas carecen de remodelación ósea y tomando en consideración que la diferencia estriba en el distinto grado de hidratación ósea que condiciona sus comportamiento visco elástico y que determina diferentes patrones lesionales (Reichs 1986).

Para este trabajo se realizó el análisis morfológico y diagnóstico por imágenes de las lesiones registradas en ambos cráneos.

Resultados:

Cráneo 1 “Barrio Santa Ana”:

A nivel de la mitad posterior del parietal izquierdo presenta dos lesiones peri mortem y en el tercio medio del parietal derecho lesiones post mortem.

Fragmento craneal sitio Barrio Santa Ana



a



b

Figura 4 a y b: Vista de ambas caras del material remitido

Lesiones Perimortem:

A nivel de la región parietal posterior izquierda presenta dos fracturas las cuales se describen a continuación (figura 5):



Figura 5: vista externa de las lesiones parietales

1ra Fractura: se encuentra ubicada a 40 mm de la línea media y a 75 mm de la sutura fronto parietal izquierda. Se trata de una pérdida de sustancia ósea de forma oval y de un tamaño de 18 x 8 mm; presenta bordes netos aguzados. En su cara interior presenta un bisel interno de forma irregular de mayor diámetro que el orificio externo (figura 6).

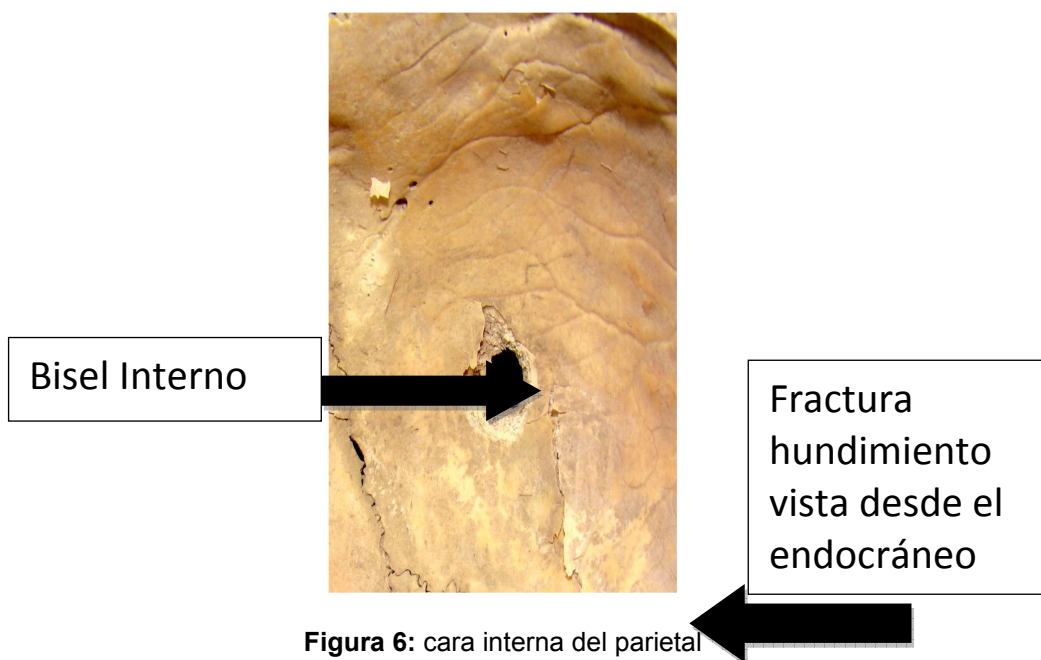


Figura 6: cara interna del parietal

2da Fractura: se encuentra en contacto con la sutura parieto occipital en su tercio medio y a 85 mm de la sutura fronto parietal. En su extremo proximal se observa una estructura de tipo redondeada que remeda el extremo del arma vulneradora y en su extremo distal la lesión se agota en la sutura con el occipital (figura 7). Se trata de una lesión contusa provocada por un elemento contundente y que determina la fractura del diploe y su posterior hundimiento. Este tipo de fractura hundimiento se asocia habitualmente a la laceración del cuero cabelludo en un 80% de los casos. Este tipo de fractura se la conoce como compuesta o abierta para diferenciarla de aquella en la que el cuero cabelludo se encuentra indemne (simple o cerrada).



Figura 7: Ambas fracturas con dehiscencia de las suturas

Lesiones post mortem:

A nivel del parietal derecho a nivel del tercio medio y a 20 mm de la sutura interparietal se observa la presencia de punto de confluencia de trazos de fracturas siendo los más significativos por su profundidad el que sale de la línea media y se dirige hacia posterior con una longitud de 4 cm y un segundo sale de la misma sutura a 18 mm de la primera hacia posterior y corta la primera fractura generando un fragmento triangular (de aproximadamente 18x23x13 mm). Asimismo se observan lesiones fracturarias superficiales que no comprometen al diploe en forma integral (figura 8).



Figura 8: Lesiones post mortem

Cráneo 2: Fragmento craneal sitio Pozo de la Chola

Se trata de un fragmento de cráneo constituido por el frontal, ambos parietales, escama del occipital y temporal izquierdo con escama y porción petrosa (figura 9 y 10).



Figura 9: Vista general del material remitido 1



Figura10: Vista general del material remitido 2

Lesión Perimortem:

A nivel del frontal en su mitad izquierda y en la unión de los tercios medio y posterior se encuentra una pérdida de sustancia ósea de forma alargada de 10 mm por 3 mm con bordes netos y presenta un bisel a expensas de la tabla interna (figuras 11 y 12).



Figura 11: lesión en hemifrontal izquierdo

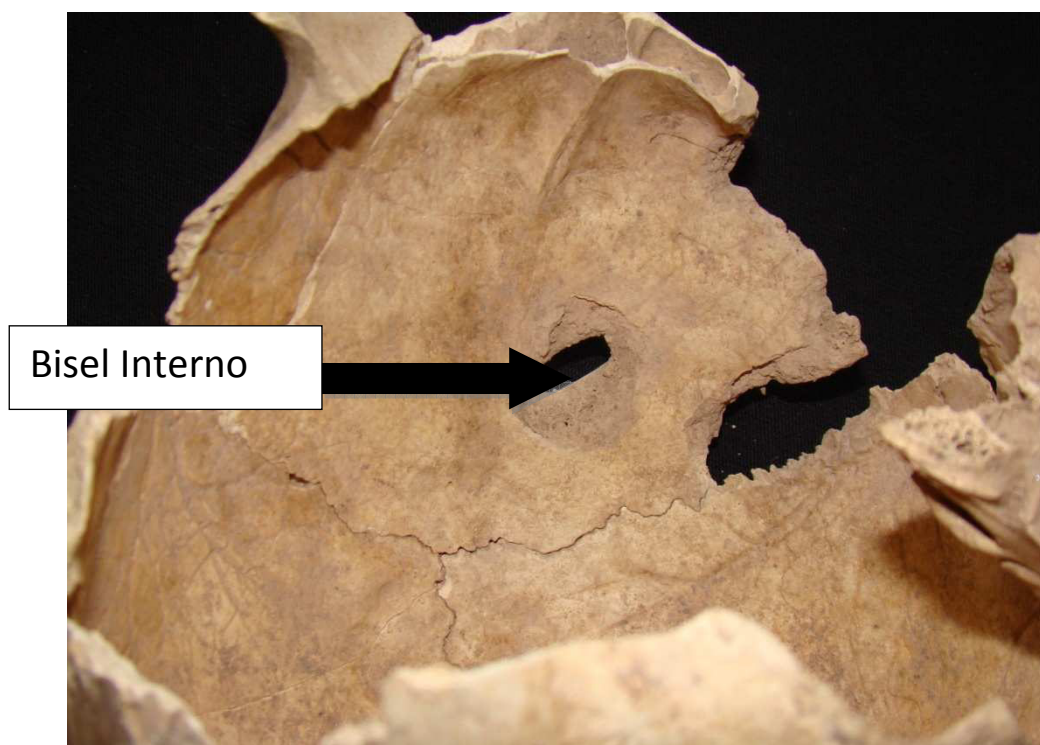


Figura 12: bisel interno

El mecanismo de producción de esta lesión se corresponde con la descrita anteriormente en el cráneo del sitio Barrio Santa Ana.

Acerca de los traumas

En ambos casos las pérdidas óseas de forma circular y con bisel interno, se producen cuando un proyectil impacta sobre un hueso plano, un ejemplo de este tipo de lesiones son las provocadas por proyectiles de arma de fuego. El bisel interno es el producto de la penetración y empuje del proyectil en el hueso lo que determina el signo del embudo que le permite establecer la dirección del mismo (Bonnet 1993).

Un proyectil para perforar el hueso debe reunir varias condiciones entre las que se destacan:

- Forma. No debe presentar filo y debe ser de conformación redondeada u oval.
- Velocidad. La velocidad mínima estimada para que se produzca una lesión como la descrita varía según los autores a partir de una velocidad de no menos de 60 m/seg. (Di Maio 1999, Gisbert Calabuit 1992).

En general un orificio de estas características copia la forma del proyectil siendo el mismo ligeramente más grande que el orificio. Estas lesiones fueron la causa de muerte en ambos casos dado que los proyectiles afectaron en su trayectoria zonas vitales del encéfalo (Raffo 1997).

Discusión

Por regla general en los estudios arqueológicos se ha postulado a las presiones ambientales o a las situaciones de estrés por escasez de recursos, como la fuente potencial de los conflictos, mientras que los estudios etnográficos suelen destacar factores que son resueltos en el corto plazo, los que son mucho más difíciles de detectar en el registro arqueológico (Gordón 2010). Entre estos últimos pueden citarse la hechicería, robo de mujeres y luchas rituales, entre otros (Descola 2005; Arkush y Stanish 2005). Los conflictos son una de las diversas formas de relación social, pero debido a que una pequeña fracción queda materializada en el registro bioarqueológico, a menudo su detección queda sub-representada (Bowles 2009, citado en Frias et al 2010).

Estudios basados en sociedades con bajas densidades poblacionales muestran elevados niveles de violencia, contradiciendo la premisa de que el conflicto es un mecanismo dependiente de la densidad poblacional (Keeley 1996 citado en Gordón 2010). El conocimiento sobre la violencia física en el pasado no puede avanzar únicamente sobre la base de inferencias etnográficas, sino que puede hacerlo a partir de la investigación de las manifestaciones materiales que le fueron propias (Lull et al 2006).

Para el noroeste de Argentina se ha propuesto tradicionalmente que la guerra era un fenómeno frecuente durante el período tardío; en este sentido la arqueología reveló distintas evidencias de conflicto violento materializado en el registro arqueológico a partir de los 1.000 años antes del presente extendiéndose hasta el siglo XVI, momento de la conquista española (Salminci 2010).

Sin embargo para el período Formativo el tema de la violencia interpersonal no ha sido discutido con tanta profundidad como para periodos posteriores suponiendo que la ausencia de conflicto era una característica de las sociedades de este momento. Esta presunción estaba basada en la "supuesta falta" de los indicadores que tradicionalmente han sido argumentados para identificar arqueológicamente situaciones de conflicto o tensión social: a) sistemas de asentamientos defensivos, representaciones iconográficas, presencia de armas y evidencias bioarqueológicas. Sin embargo en la gran mayoría de los casos, independientemente del período, no todos los indicadores están presentes. Un criterio de análisis debería ser el de la recurrencia, ya que éste proporciona una medida de la envergadura e intensidad en el ejercicio de la violencia (Lull et al 2006), siempre y cuando se tenga presente el sesgo que implica la sub-representación ya mencionada

Más allá de cuantificar la recurrencia deberíamos poder discernir la significación social de esta. Las evidencias de violencia interpersonal presentadas en este trabajo se suman a las que ya han sido descritas al comienzo para el período Formativo en el NOA. En este caso la ausencia de indicadores de estrés nutricional y de circunscripción espacial para los grupos pedemontanos del valle de San Francisco (Seldes y Ortiz 2009), contradicen

cualquier explicación basada en restricciones económicas o ambientales como detonante del conflicto.

Sobre un MNI de 24 individuos analizados hasta el presente, los dos casos presentados en esta oportunidad representan el 8,3% cifra que puede estar minimizada debido a que muchos de los individuos analizados estaban escasamente representados en sus partes esqueléticas. Aún así el porcentaje estimado representa un valor a tener en cuenta si consideramos el hecho de la ausencia de expectativas de encontrar evidencias de violencia en individuos de estas poblaciones.

Lejos de una visión pacifista para las sociedades de ese período, estos casos ejemplifican que las situaciones de violencia pudieron ser más frecuentes de lo que tradicionalmente se ha pensado, e introduce la discusión sobre la envergadura social del conflicto en grupos prehispánicos, poco discutida para los momentos tempranos del noroeste de Argentina.

Es interesante destacar que los casos analizados corresponden a un adulto y un niño lo que indica que la violencia no estaba restringida a una clase etaria en particular siendo que en ambos casos la impronta resultante correspondería a un mismo tipo de arma. En ambos casos la lesión resultó en la muerte de los individuos por lo que la probabilidad de que pudiera tratarse de algún tipo de lucha ritual como el *Tinku* o alguna otra similar es muy baja (Pacheco y Retamal 2010). Esto se vería reforzado por el hecho de que uno de los individuos es un infantil.

En relación al artefacto usado para producir las lesiones no tenemos elementos suficientes para proponer de qué tipo de arma estamos hablando. Por la velocidad del impacto calculada para producir esa clase de herida, debemos pensar en alguna clase de proyectil arrojado a distancia. Sin embargo no se ha encontrado hasta el momento en el registro arqueológico ningún artefacto que responda a esas características.

También es interesante destacar que el individuo con impacto en el cráneo de Pozo de la Chola, habría sido enterrado en un sector exclusivo de inhumación donde hemos registrado el entierro de un adulto con ausencia de antebrazo, un perinato y un entierro doble (un infantil y posiblemente una mujer), siendo en todos los casos los únicos entierros de esas características conocidos para la región hasta el momento. Esto ha llevado a plantear la posibilidad de que los individuos enterrados en ese sector pudieran representar aquellos que murieron por causas excepcionales o causas no percibidas como “naturales” por la sociedad (Ortiz 2012).

También merece la pena destacar que uno de los entierros descriptos por la expedición sueca a principios del siglo XX para el sitio asentamiento 6, presentaba a la altura de la boca un hueso humano perforado a la manera de una pipa (Nordenskiöld 1903). Los huesos humanos transformados en instrumentos suelen tener un carácter ritual y en los casos reportados en contextos etnográficos, los huesos convertidos en flautas u otros instrumentos

suelen ser trofeos de guerra ya que poseen las cualidades del adversario o rememora su esencia en la posesión de quien lo consiguió ⁸.

A medida que avancen las investigaciones es muy posible que una mayor cantidad de casos como los presentados en esta oportunidad sean dados a conocer propiciando la discusión en torno al alcance social de la violencia, permitiendo una relectura de la visión en el noroeste de Argentina de una prehistoria pacífica para el momento caracterizado por sociedades sedentarias con estrategias productivas, situando a la tensión como un elemento a tener en consideración en su devenir histórico.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de las tareas desarrolladas en el marco del proyecto PIP Nº 11420090100180 del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina, dirigido por la primera de las autoras y del proyecto PICTO 08-00131 de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Jujuy. Queremos agradecer al evaluador anónimo cuyos comentarios permitieron mejorar la versión final del trabajo.

Referencias bibliográficas

- Arkush E, Stanish C (2005): Interpreting conflict in the ancient Andes: implications for the archaeology of warfare. *Current Anthropology* 46 (1): 3-28.
- Baffi E I, Torres MF (1993): Una aproximación al análisis de pautas de actividad en una población prehispánica: Las Pirguas (Salta, Argentina). *Boletín de la Sociedad Española de Antropología Biológica* 14: 63 – 79. España.
- Baldini L (2007): Cancha de Paleta: un cementerio del Período Formativo en Cachi (Valle Calchaquí, Salta). *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales* 32: 13 -33. Universidad de Jujuy, Argentina.
- Boman E (1908 {1991}): *Antigüedades de la región andina de la República Argentina y del desierto de Atacama*; 914 p.; Jujuy: Traducción al español del original de 1908, por Delia Gomez Rubio. Universidad Nacional de Jujuy.
- Bonnet EFP (1993): *Medicina Legal*; Buenos Aires: López Libreros Editores. 2da Edición
- Buikstra J, Ubelaker D (1994): *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*; 206 p.; Arkansas: Arkansas Archaeological Survey Research Series 44.

⁸ “Obedezca! si no te van a comer, te van a tocar tu pierna como una flauta” (proverbio Uitoto) (Pineda 2003:31), en relación a las prácticas guerreras antropofágicas de los Uitotos, etnia de la cuenca del río Caquetá en la Amazonía peruana y colombiana.

Otra mención sobre este mismo tema la realiza Chaumeil cuando describe el tratamiento conferido a los restos óseos por los Yagua; “Los trofeos tomados de sus enemigos (ningún trofeo era tomado de sus propios muertos) eran de tres tipos: 1. *el hueso del brazo con el que el "matador", warié, confeccionaba una flauta (sobre la cual tenía propiedad exclusiva), la misma que tenía el poder de "debilitar" a los enemigos por su "soplo" (especie de poder eólico)*; 2. los huesos de falanges que se llevaban a manera de brazaletes como distinción o 'grado' militar; y 3. Los dientes humanos con los que se hacían collares o cinturones, según el caso (Chaumeil 1994:263, el resaltado es nuestro).

- Campillo D (2001): *Introducción a la Paleopatología*; 591 p.; Barcelona: Editorial Bellaterra.
- Chaumeil J.P (1994): *Guía Etnográfica de la Alta Amazonía*. Fernando Santos y Frederica Barclay (editores). Volumen I. IFEA. FLACSO, 457P. Ecuador.
- Descola P (2005): *Las lanzas del crepúsculo*; 450 P.; Buenos Aires. Editorial Fondo de Cultura Económica.
- Di Maio V (1999): *Heridas por arma de fuego*; 512 P.; Buenos Aires: Ediciones La Rocca.
- Dougherty B (1975): *Nuevos aportes para el conocimiento del Complejo Arqueológico San Francisco (sector septentrional de la región de las selvas occidentales argentinas, Subáera del Noroeste Argentino)*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
- Frías L, Fuentes-Mucheri F, Biskupovic M, Ratamles MP (2010): *Conflicto interpersonal en las interacciones de costa-interior. El caso del Museo desierto-Conaf (Región Coquimbo, Chile)*. En: Libro de Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina. R. Bárcena y H. Chiavazza (editores). Facultad de Filosofía y Letras, ICHSA. Mendoza. Tomo II: 589-594.
- Galloway A (1999): *Broken Bones: Anthropological Analysis of Blunt Force Trauma*; 392 P.; Nueva York: CC Thomas publisher.
- Gisbert Calabuig JA (1992): *Medicina Legal y Toxicología*; 1062 p; Buenos Aires: Masson Salvat. 4ta edición.
- Gonzalez AR, Perez JA (1972): *Argentina Indígena. Vísperas de la conquista*; 520 P.; Buenos Aires. Editorial Paidós, Colección Historia Argentina I.
- Gordon F (2010): *Perspectivas teóricas para el estudio de la violencia interpersonal en sociedades de pequeña escala. El noreste de la Patagonia durante el Holoceno Tardío*. Libro de Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina R. Bárcena y H. Chiavazza (editores). Facultad de Filosofía y Letras, ICHSA. Mendoza. Tomo II: 583-588.
- Hastorf C (2008): *Construyendo comunidad, ceremonialismo y memoria social en el Formativo Medio de Chiripa, Bolivia*. Arqueología de las tierras altas, valles interandinos y tierras bajas de Bolivia, memorias del I Congreso de Arqueología de Bolivia. Editado por Claudia Rivera Casanovas, Pp. 3 – 12. La Paz, Bolivia.
- Judd M (2006): *Continuity of Interpersonal Violence Between Nubian Communities*. *American Journal of Physical Anthropology* 131: 324-333.
- Larsen C (1997): *Bioarcheology: Interpretating behavior from the human skeleton*; Cambridge: Cambridge Studies in Biological Anthropology 21. Cambridge University Press.
- Leoni J, Acuto F (2008): *Social landscapes in Pre – Inca Northwestern Argentina*. *Handbook of South American Archaeology*. Editado por Silverman e Isbell, Pp. 587 – 603.
- Lovell N (1997): *Trauma Analysis in Paleopathology*. *Yearbook of Physical Anthropology* 40: 139-170.
- Lull V., Micó Pérez R., Rihuete Herrada C. y R. Risch (2006): *La investigación de la violencia: una aproximación desde la arqueología*. *CYPSELA* 16: 87-108.
- Mendonça O, Bordach MA, Grosso M, Dalerba L (2002): *Ambiente, comunidad y comportamiento biosocial en el Formativo de Tilcara, Quebrada de Humahuaca, Jujuy*. *Pacarina* 2 (2): 135 – 147. Universidad Nacional de

- Jujuy. San Salvador de Jujuy.
- Milner GR (2005): Nineteenth-century Arrow Wounds and Perceptions of Prehistoric Warfare. *American Antiquity* 70 (1): 144-156.
- Moraga M, Ortiz G (2010): Primeros resultados de ADN mitocondrial en poblaciones tempranas de la selva pedemontana jujeña. Trabajo presentado en XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina, Mendoza, 2010.
- Nielsen AE (2001): Evolución social en Quebrada de Humahuaca (AD 700-1536). En: *Historia Argentina prehispánica*. Editado por Axel Nielsen y Eduardo Berberían, tomo I, Pp. 171-264. Brujas, Córdoba.
- Nordenskiöld E (1903 {1993}) Lugares precolombinos de asentamiento y entierro en la frontera sudoeste del Chaco; Jujuy: Traducción del original en sueco de 1903 por Alicia Fernandez Distel y Ana Distel, Serie Jujuy en el pasado. Universidad Nacional de Jujuy.
- Núñez Regueiro V (1998): Arqueología, historia y antropología de los sitios de Alamito; San Miguel de Tucumán: Ediciones INTERDEA.
- Olivera D, Palma J (1986): Sistemas adaptativos prehispánicos durante los períodos agro – alfareros de la Quebrada de Humahuaca, Jujuy, R. A. Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología 11: 75 – 98. Buenos Aires.
- Ortiz G (2003): Estado actual del conocimiento del denominado Complejo o Tradición Cultural San Francisco, a 100 años de su descubrimiento. En: *La Mitad Verde del Mundo Andino*. Investigaciones arqueológicas en la vertiente oriental de los Andes las tierras bajas de Bolivia y Argentina. Editado por Gabriela Ortiz y Beatriz Ventura. CREA. Universidad Nacional de Jujuy, Pp. 23 – 72.
- Ortiz G (2007): La evolución del uso del espacio en las tierras bajas jujeñas (subárea del río San Francisco). Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad Nacional de Córdoba. Pp. 420.
- Ortiz G (2011): ¿Pescadores, cazadores, recolectores pedemontanos?. El caso de las sociedades de tradición San Francisco (prov. de Jujuy, noroeste de Argentina). *Cazadores Recolectores del Cono Sur* 4: 115 - 134. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Ortiz G (2012): Vida y Muerte en el valle de San Francisco. Prácticas funerarias complejas y diversidad mortuoria en grupos de la selva pedemontana de Jujuy (Argentina). Trabajo presentado al V Encontro do gt História das religiões e das religiosidades. São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Ortiz G., Heith C (2011): Consumo y economía en los grupos pedemontanos tempranos de la cuenca del San Francisco (Jujuy, Argentina). En: *Las manos en la masa*. Arqueologías y antropologías de la alimentación en Suramérica. Editado por Pilar Babot, Francisco Pazzarelli, y María Marschoff, Pp. 627-643. Córdoba.
- Ortiz G., Mercolli P. y V. Killian Galván (2011): ¿Cazadores-recolectores y pescadores aldeanos? Nuevas evidencias en el estudio de la economía y dieta en poblaciones tempranas de la cuenca del San Francisco (800 a.C-500 d.C). Libro de Actas del III Taller Internacional de Arqueología del NOA y Andes Centro Sur, San Salvador de Jujuy, Noviembre, Pp:34-36.
- Pacheco M. A y Retamal Y. R. (2010): Posibles evidencias de conflicto en el intermedio tardío tarapaqueño de Chile, reflexiones a partir de indicadores osteológicos y arqueológicos del cementerio Pica 8. Libro de Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina R. Bárcena y H. Chiavazza

- (editores). Facultad de Filosofía y Letras, ICHSA. Mendoza. Tomo III: 961-966.
- Pineda R. (2003): La pasión por la guerra y la calavera del enemigo. *Revista de Estudios sociales* 14: 31-51.
- Raffo OH (1997): *La muerte violenta*; Pp. 239; Buenos Aires. Editorial Universidad.
- Reichs K (1986): *Forensic Osteology. Advances in the identification of human remains*; Pp. 326. Springfield, Illinois: Charles Thomas publisher.
- Roldan J, Sampietro Vattuoni M (2011): Los cráneo trofeo Condorhuasi – Alamito (Catamarca, Argentina) dentro del pensamiento religioso andino. *Revista Española de Antropología Americana* 41 (2): 327 – 348.
- Salminci P (2010): Las instalaciones defensivas de La Alumbreira (cs. SX_XVI; Antofagasta de la Sierra, Catamarca). Libro de Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Editado por Roberto Bárcena y Hector Chiavazza. Facultad de Filosofía y Letras, ICHSA. Mendoza. Tomo II: 595-605.
- Seldes V, Ortiz G (2009): Avances en los estudios bioarqueológicos de la región del río San Francisco, Jujuy, Argentina. *Revista Andes* 20: 15-36 CEPIHA, Universidad Nacional de Salta.
- Seldes V, Zigarán MF (2010): El Formativo En El Valle Calchaquí Norte. Una Aproximación Desde La Bioarqueología. *Revista Estudios Antropología Historia, nueva serie* 1: 29 – 49.
- Serrano A (1962): *Investigaciones Arqueológicas en el valle del Río San Francisco (Prov. De Jujuy)*; Salta: Impresiones Salesianos.
- Tarragó M, Scatolin C (1999): La problemática del período Formativo en el valle de Santa María. *Actas del XII Congreso Nacional de Arqueología*, tomo I: 142 – 153. La Plata.
- Tartusi M, Nuñez Regueiro V (1993): *Los centros ceremoniales del N.O.A, Tucumán: Publicaciones 5. Serie Ensayos* 1.
- Webb S (1995): *Paleopathology of Aboriginal Australians: Health and Disease Across a Hunter-Gatherer Continent*; 324 P.; Cambridge: Cambridge University Press.



ARTÍCULOS DE REVISIÓN

Estado actual de la aplicación de los marcadores biogeoquímicos en paleoecología de mamíferos del pleistoceno tardío de México

Víctor Adrián Pérez-Crespo¹, Joaquín Arroyo-Cabrales², Luis M. Alva-Valdivia³, Pedro Morales-Puente⁴, Edith Cienfuegos-Alvarado⁴ y Francisco J. Otero⁴.

¹Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04150, México, D.F., México. E-mail: vapc79@gmail.com

²Laboratorio de Arqueozoología "M. en C. Ticul Álvarez Solórzano", Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, INAH, Moneda 16 Col. Centro, 06060, México, D.F., México. E-mail: arromatu@hotmail.com

³Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04150, México, D.F., México. E-mail: lalva@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

⁴Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica S/N, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04150 México, D.F., México. E-mail: edithca@geol-sun.igeolcu.unam.mx; E-mail:

pedro_morales1@me.com; E-mail: fotero@geologia.unam.mx

Resumen

Se presenta una revisión del estado actual del uso de los marcadores biogeoquímicos en la paleoecología de mamíferos del Cuaternario de México. A diferencia de Estados Unidos y otros países que tenían más de 30 años empleándolas, México tiene solo cinco años usándolas, siendo la mayor parte de los estudios realizados hasta el presente enfocados a inferir la dieta y el hábitat de algunas especies de herbívoros de tallas grandes y medianas. Estas técnicas son menos usadas para estudios paleoclimáticos o para modelar movimientos regionales de los mamíferos.

Palabras clave: México, mamíferos, marcadores biogeoquímicos, pleistoceno tardío, paleoecología.

Abstract

This paper is a review on the use of the biogeochemical markers applied in paleoecological research for Mexican Quaternary mammals. While in the United States of America and other European countries this methodology has been used in the last 30 years, in México it has only being five years and their main use is to made inferences on diet and habitat of some herbivore mammals from middle to large size; these techniques were less used for paleoclimatic studies or to modeling regional mammals movements.

Keywords: México, mammals, biogeochemical markers, late pleistocene, paleoecology

Introducción

Una de las técnicas comúnmente empleadas en la paleontología, en especial en paleoecología de mamíferos cuaternarios, es el uso de los marcadores biogeoquímicos $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Koch, 2007). Una de las cualidades de estos marcadores es que se pueden encontrar en cualquier estructura orgánica, como son los huesos y las piezas dentales,, lo que hace posible analizar estos restos y, es precisamente esta característica lo que ha convertido a los marcadores biogeoquímico como una herramienta importante, ya que generalmente son los restos óseos los que se hallan en los sitios paleontológicos y rara vez, se conservan algunas partes blandas como son la piel, los órganos, pelos, etc. (Koch *et al.*, 2009; cuadro 1).

Esto ha permitido realizar diversos trabajos en los cuales los datos morfológicos no son precisos o complementarios a estos, como son el de deducir la dieta y el hábitat de especies extintas o actuales, observando si estos cambian o se mantienen en el tiempo o por factores geográficos como son la altitud, la altitud y la longitud (Feranec, 2004; MacFadden, 2005), analizando las condiciones climáticas que existieron en un sitio en el pasado y como han cambiado estas a través del tiempo e infiriendo ciertos patrones de migración, desplazamiento o procedencia de los animales hallados en un yacimiento (Hoppe *et al.*, 1999; Sánchez, 2005), convirtiéndose así en una de las técnicas ampliamente usada en el mundo.

Sin embargo, en el caso de México esta técnica ha sido poco empleada en los estudios paleoecológicos, especialmente aquellos enfocados a la mastofauna del Pleistoceno tardío. En este trabajo se presentaran una breve sinopsis de los estudios paleontológicos usando los marcadores biogeoquímicos, que se han realizado en México, así como su importancia, problemas y alternativas.

Cuadro 1. Materiales y isótopos analizados. Modificado de Koch *et al.*, 2009.

Tejido	Molécula	Isótopo presente	Preservación (años)
Pelo	Queratina	H, C, N, O	10^3
Pluma	Queratina	H, C, N, O	10^3
Hueso	Bioapatita	C, O	10^3 - $10^{8?}$
Hueso	Colágeno	H, C, N, O	10^5 - $10^{6(8?)}$
Esmalte	Bioapatita	C, O	10^8
Dentina	Bioapatita	C, O	10^3 - $10^{8?}$
Dentina	Colágeno	H, C, N, O	10^5 - $10^{6(8?)}$
Cascarón del huevo	Carbonato	C, O	10^7 - 10^8
Cascarón del huevo	Proteína	C, N	10^4

Historia de los estudios isotópicos en México

Durante mucho tiempo en México, la paleontología recurrió al actualismo biológico para realizar comparaciones entre algunos elementos óseos de las especies extintas con sus contrapartes actuales para deducir algunos aspectos ecológicos como la dieta y el hábitat. Por ejemplo, en el caso de los caballos del Pleistoceno, que poseen molares hipsodontos, los cuales son útiles para el

consumo de pastos, eran catalogados como una especie de hábitos alimentarios del tipo pacedor y dado que sus contrapartes actuales, las cebras habitan en zonas de vegetación abiertas como las sabanas, se infería que también habitaban en este tipo de vegetación.

En algunos casos, sencillamente se extrapolaban los datos obtenidos por los marcadores biogeoquímicos de algunas especies de mamíferos de otros países, especialmente de Estados Unidos de América (EUA) y Sudamérica, a sus contrapartes mexicanas (Johnson *et al.*, 2006).

Esto contrastaba con lo que sucedía en la antropología en México, donde ya existían algunos estudios usando esta técnica desde principios de la década de los 80's (DeNiro y Epstein, 1981), mientras que en EUA este tipo de estudios se aplicaban en algunos estudios paleoecológicos desde la década de los ochentas, pero fue hasta mediados de la década de los noventas que su uso comenzó a popularizarse, estudiándose principalmente la dieta y el hábitat de algunas especies de mamíferos de tallas grandes y medianas como los mamutes, mastodontes, caballos, camellos, etc., y en menor medida de algunas especies de mamíferos carnívoros, acuáticos y pequeños, principalmente del Cuaternario, aunque también se estudiaron los de otros periodos geológicos (Koch *et al.*, 1994; Koch, 1998; MacFadden *et al.*, 2004).

Esta diferencia con los EUA, fue en un inicio debida en parte al alto costo del equipo para realizar los análisis, pero el principal factor, fue la falta de comprensión de los conceptos y la metodología isotópica que existía entre los investigadores que se dedicaban a estudiar a los mamíferos del Pleistoceno mexicano. Sin embargo, Montellano-Ballesteros y Jiménez-Hidalgo (2006) indicaban la necesidad de comenzar a realizar estudios isotópicos en la mastofauna mexicana presentando una serie de preguntas que consideraban que esta técnica podría responder, como: ¿Qué resultados se obtendrán con la fauna mexicana si esta técnica fuese aplicada?, ¿las especies mantendrán su hábitos alimentarios independientemente del lugar donde ellos vivían o estos cambiaran de acuerdo a la latitud?, ¿los patrones alimentarios cambiarían a lo largo del tiempo en algunos taxa como los caballos (pasando de ramoneador a pacedor), de manera similar a como ha sido observado en EUA o el patrón será diferente? y ¿qué tipos de vegetación se inferirán usando los isótopos estables en diferentes regiones de México?

No fue sino hasta el 2007, cuando se comenzaron a obtener los primeros resultados usando los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$, en dos especies de herbívoros procedentes del Cedral, San Luis Potosí: un individuo del mamut de las praderas y 12 individuos de tres especies de caballos (Pérez-Crespo *et al.*, 2007). Los análisis indicaban que ambos animales eran organismos cuya dieta no se basaba solo en el consumo de pastos (pacedora), sino que también se alimentaban de hojas de árboles y arbustos (dieta mixta C3/C4), aunque en el caso de los caballos, la proporción de estas variaba de acuerdo a la especie que se tratara, lo cual era diferente a lo que se había propuesto usando solo las comparaciones morfológicas que asumían que ambos taxa eran especialistas en consumir pastos, pero las tres especies de caballos y el mamut preferían habitar en una zona abierta, como un pastizal o sabana

(Pérez-Crespo *et al.*, 2009). Así se comenzaron diversos estudios isotópicos en otras especies procedentes de otras localidades de México.

Localidades analizadas

En México existen 770 localidades pertenecientes al Cuaternario (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2007), para las cuales solo han realizado estudios usando esta técnica en 24 sitios, lo cual representa el 3% de todos los yacimientos en el país (Figura 1).

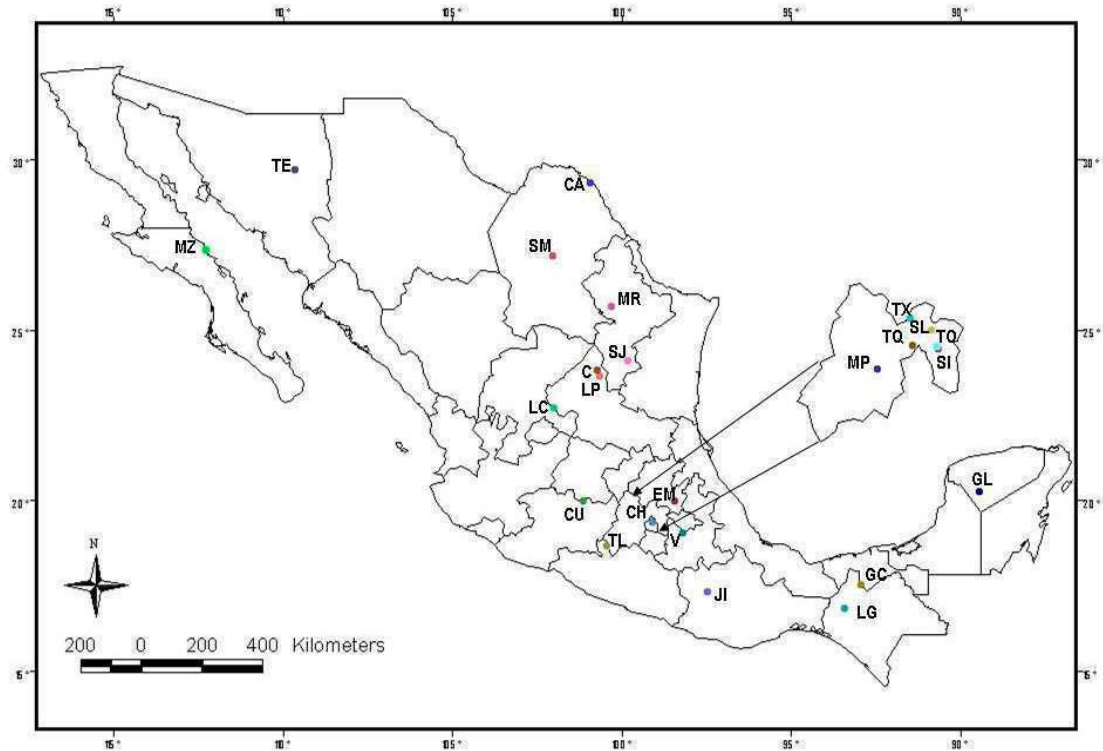


Figura 1. Pérez-Crespo. Localidades mexicanas donde se han realizado estudios isotópicos. MZ: El Mezquital, Baja California Sur, TE: Terapa, Sonora, CA: Ciudad Acuña, Coahuila, SM: Sierra de Menchaca, Coahuila, MR: Monterrey, Nuevo León, SJ: Cueva de San Josecito, Nuevo León, C: Cedral, San Luis Potosí, LP: La Presita, San Luis Potosí, LC: Laguna de las Cruces, San Luis Potosí, CU: Cuitzeo, Michoacán, EM: El Mirador, Hidalgo, CH: Culhualcan, Distrito Federal, TL: Tlatlaya, Estado de México, MP: Metepec, Estado de México, TQ: Tequesquinahua, Estado de México, TX: Tequixquiac, Estado de México, SL: Santa Lucia, Estado de México, TO: Tocuila, Estado de México, SI: Santa Isabel Iztapa, Estado de México, V: Valsequillo, Puebla, JI: Jicotlán, Oaxaca, LG: Los Grifos, Chiapas, GC: Coconá, Tabasco, GL: Loltún, Yucatán.

Se puede observar que el Estado de México es la entidad con el mayor número de estudios, ocho, seguida de San Luis Potosí con tres, mientras que Coahuila y Nuevo León poseen dos y Baja California Sur, Chiapas, Distrito Federal, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Sonora y Tabasco solo con una, mientras que el resto de las entidades del país carecen de alguna localidad que se haya estudiado usando esta técnica (cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación entre las entidades con localidades cuya mastofauna ha sido estudiadas isotópicamente de Estados Unidos y México. n: Número de localidades.

Estados Unidos		México	
Estado	n	Estado	n
Alaska	1	Baja California Sur	1
Arizona	8	Coahuila	2
California	5	Chiapas	1
Carolina del Sur	1	Distrito Federal	1
Colorado	2	Estado de México	7
Florida	18	Hidalgo	1
Nevada	10	Michoacán	1
Nuevo México	4	Nuevo León	2
Texas	23	Oaxaca	1
Virginia	1	Puebla	1
Wyoming	2	San Luis Potosí	3
		Sonora	1
		Tabasco	1
		Yucatán	1
Total	75	Total	24

Este número es menor si se compara contra el número de localidades analizadas en EUA. Sin embargo si consideramos el rango geográfico vemos que en México es más extensivo que en EUA, (cuadro 2).

En el caso de México, de algunas localidades donde la fauna ha sido estudiada usando estas técnicas, existe también evidencias de actividad humana, lo que ha permitido inferir algunas condiciones ambientales existentes que permitieron el establecimiento de los seres humanos en estos sitios. Por ejemplo, en el caso del Cedral, Laguna de las Cruces y Valsequillo, localidades con rastros antrópicos ubicadas en el centro de país, y asociadas a la presencia de diversos mamíferos herbívoros como los mamutes, caballos, bisontes y camellos, se había propuesto que en estos sitios se desarrollaron pastizales (Mirambell, 1982; Lorenzo y Mirambell, 1986; Johnson *et al.*, 2006). Sin embargo, los análisis isotópicos realizados en algunas especies de herbívoros de estos sitios indican que en estos sitios, durante el Pleistoceno tardío se desarrollaron bosques abiertos y no exclusivamente pastizales (Pérez-Crespo *et al.*, 2009, 2012a, 2012b).

Especies estudiadas en México

Se registran 13 órdenes, 44 familias, 147 géneros y 280 especies de mamíferos del Cuaternario en México (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 2010), de los cuales se han realizado estudios isotópicos en ejemplares de 6 órdenes, 13 familias, 16 géneros y 5 especies de herbívoros de tallas grandes y medianas (cuadro 3), omitiéndose los mamíferos pequeños y los carnívoros (Nunez *et al.*, 2010; Pérez-Crespo *et al.*, 2011).

Cuadro 3. Taxa analizados e isótopos usados en México. n: Número de ejemplares usados

Orden	Familia	Especie	N	Marcador
Artiodactyla	Bovidae	<i>Bison sp.</i>	13	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
	Camelidae	<i>Camelops hesternus</i>	8	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
		<i>Hemiauchenia sp.</i>	3	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
	Cervidae	<i>Odocoileus sp.</i>	2	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
	Tayassuidae	<i>Platygonus sp.</i>	1	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
Cingulata	Glyptodontidae	<i>Glyptotherium sp.</i>	6	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
Perissodactyla	Equidae	<i>Equus sp.</i>	47	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
	Tapiridea	<i>Tapirus sp.</i>	5	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
Pilosa	Megatheriidae	<i>Eremotherium laurdillardi</i>	1	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
	Mylodontidae	<i>Glossotherium harlani</i>	6	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
Proboscidea	Elephantidae	<i>Mammuthus columbi</i>	32	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, ^{87}Sr
	Gomphotheriidae		2	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
		<i>Cuvieronius sp.</i>	2	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
		<i>Stegomastodon sp.</i>	6	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
		<i>Mammut americanum</i>	3	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
Rodentia	Hydrochoeridae		1	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$
		<i>Nechoerus sp.</i>	1	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$

Este sesgo ha sido debido a que, en el caso de los carnívoros sus restos son escasos en el registro fósil, aunque en EUA y España existen estudios realizados en algunas especies de felinos, canidos y úrsidos del Pleistoceno (Kohn *et al.*, 2005; Palmqvist *et al.*, 2008). En el caso de los pequeños mamíferos, existen algunas limitaciones metodológicas al momento de obtener las muestras necesarias para ser analizadas; por ejemplo en el caso de esmalte se requieren alrededor de 20 mg para ser analizados (Koch *et al.*, 1997); sin embargo, esta cantidad no puede ser obtenidas del molar de un roedor y aunque recientemente se han comenzado a desarrollar algunas técnicas para que el esmalte de los pequeños mamíferos pueda ser analizado isotópicamente, su desarrollo aun es incipiente (Grimes *et al.*, 2008).

En México la especie más estudiada con esta técnica han sido los caballos con 47 ejemplares, seguidos de los mamutes con 32 especímenes, ello se debe a que los restos de ambos taxa son muy abundantes y se hallan ampliamente distribuido en todo el país (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2007), mientras que el perezoso gigante (*Eremotherium laurdillardi*) y el jabalí (*Platygonus sp.*) solo cuentan con un ejemplar analizado. Si se compara con EUA, el número de taxa analizados es menor (cuadros 3 y 4);

Cuadro 4. Comparación de los órdenes, familias y géneros que han sido estudiados isotópicamente de Estados Unidos y México.

Orden	Familia	Géneros EUA	Géneros México
Didelphimorpha	Didelphidae	1	0
Cingulata	Glyptodontidae	0	1
	Pamphathiidae	1	0
Pilosa	Megalonychidae	1	0
	Megatheriidae	1	1
	Mylodontidae	1	1
Carnivora	Mustelidae	3	0
	Canidae	2	0

	Procyonidae	1	0
	Ursidae	2	0
	Felidae	5	0
	Hyaenidae	1	0
Rodentia	Sciuridae	1	0
	Geomyidae	1	0
	Castoridae	2	0
	Cricetidae	3	0
	Erithizontidae	1	0
	Hydrochoeridae	1	1
Lagomorpha	Leporidae	2	0
Perissodactyla	Equidae	1	1
	Tapiridae	1	1
Artiodactyla	Tayassuidae	2	1
	Camelidae	3	2
	Cervidae	4	1
	Antilocapridae	4	0
	Bovidae	3	1
Proboscidea	Mammutidae	1	1
	Gomphotheriidae	1	2
	Elephantidae	1	1
Total		51	15

Tipos de estudios

La mayor parte de los estudios en México se han enfocado a inferir la dieta y el hábitat de las especies extintas y, solo existe uno cuya enfoque ha sido el paleoclimático y otro que infiere la distancia a la que se desplazaban una población de mamutes; en este último trabajo se ha usado el $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (cuadro 2), mientras que en los restantes la $\delta^{13}\text{C}$ y la $\delta^{18}\text{O}$. Ello se debe a la necesidad de contrastar y probar las hipótesis previas sobre si la dieta y el hábitat de estos animales basadas en datos morfológicos eran correctos o no. Así algunos resultados preliminares en algunas especies han demostrado que lo asumido previamente era equivocado, por ejemplo en el caso de los mamutes, especie cuyos restos se encuentran distribuidos en todo México, se consideraba una especie especializada en el consumo de pastos, por lo que solo habitaba en praderas o pastizales.

Los análisis isotópicos de carbono y oxígeno realizados en este taxón, revelan que era un organismo no especialista en el consumo de pastos, sino que era capaz de consumir también hojas de árboles y arbustos (dieta mixta C3/C4), con algunos individuos completamente pacedores, pero habitaban en zonas de vegetación abierta, independientemente del sitio donde se hallaran viviendo (Pérez-Crespo *et al.*, en prensa).

Un patrón similar ha sido encontrado en los caballos, los cuales también fueron considerados como una especie completamente pacedora, aunque dado la falta de una determinación taxonómica precisa, no es posible decir si las diferencias halladas en algunos individuos que pertenecen a un mismo sitio, sean debidas a que son especies distintas de equídeos coexistiendo en la misma localidad, como lo observado en el Cedral, donde se ha inferido la

existencia de tres especies de caballos, *Equus* sp., *E. conversidens* y *E. mexicanus* (Alberdi *et al.*, 2003; Pérez-Crespo *et al.*, 2012a) y en Sudamérica, donde dependiendo de la especie o el género, *Hipparion* o *Equus*, los hábitos alimentarios tiende a ser diferentes (Prado *et al.*, 2011).

En contraste los gonfoterios mexicanos, fueron durante mucho tiempo clasificados como animales ramoneadores propios de zonas boscosas (Johnson *et al.*, 2006). Sin embargo, los análisis realizados en los géneros *Stegomastodon* y *Cuvieronius*, revelan algunos de estos animales habitaban en zonas abiertas y poseían dietas mixtas y otros eran ramoneadores y vivían en zonas boscosas, dependiendo esto más del género que se trate que de la posición geográfica del sitio donde se hallaban viviendo (Pérez-Crespo *et al.*, 2012b). Este mismo patrón había sido ya observado por Sánchez *et al.* (2004) con algunas poblaciones de gonfoterios sudamericanos.

Un caso diferente fue el de los gliptodontes, en los cuales existía una discusión al respecto sobre sus hábitos alimentarios y de hábitat; Gillete y Ray (1981) señalan que esta especie era un organismo ramoneador de hábitos acuáticos similares a los carpinchos actuales, mientras que Fariña y Vizcaíno (2001), con base al análisis morfofuncional del cráneo y los molariformes de estos animales, proponían que tuvieron una dieta pacedora y habitaban en pastizales. Los análisis realizados en tres individuos de esta especie procedentes del Cedral (Pérez-Crespo *et al.*, 2012c) indican que estos animales tenían una dieta mixta C3/C4 y habitaban en zonas abiertas, pero cercanas a fuentes de agua, pero, dado que son pocos individuos muestreados no es posible indicar si todos los gliptodontes de México, tenían estas mismas preferencias alimentarias y de hábitat.

En Terapa, que se ubica en el desierto de Sonora, la inferencia paleoclimática realizada a partir del análisis de los isótopos estables de carbono y oxígeno para algunas especies de mamíferos revela que durante el Pleistoceno Tardío, en el sitio existieron bosque con pastizales pero además, con un clima que se caracterizaba por ser más uniforme y menos estacional que el actual (Nunez *et al.*, 2010).

En el caso de los estudios que involucran patrones de migración, ámbito hogareño o desplazamiento de mamíferos pleistocénicos en México son prácticamente nulos; sin embargo, García-Zepeda *et al.* (2007) propusieron usar modelos geomorfológicos así como las localidades donde existían restos de mamutes para inferir las rutas de desplazamiento, pero sin indicar rangos geográficos que podían ocupar estos animales.

Posteriormente, Solís-Pichardo *et al.* (2011) usando las relaciones isotópicas de estroncio presentes en el esmalte dental de una población de cuatro mamutes procedentes de la Laguna de las Cruces, San Luis Potosí, encontró que un solo individuo tenía valores semejantes a los hallados en el suelo y las plantas del sitio, mientras que los demás mostraban valores distintos y uno de ellos, mostraba valores de ^{87}Sr semejantes a los exhibidos en el suelo y las plantas del Tepetate, sitio que se ubica a más 100 km de la Laguna de las Cruces; lo que da un idea de la distancia que se podía desplazar

esta especie. Una propuesta similar se encuentra en los trabajos realizados por Hoppe *et al.* (1999) y Hoppe y Koch (2006) con los mamutes de Florida, que indican que esta especie se desplazaba hasta 150 km de un sitio a otro.

Perspectivas a futuro

En México la aplicación de los marcadores biogeoquímicos en mamíferos del Cuaternario es aún incipiente. Sin embargo, se espera que a futuro, nuevas líneas y marcadores sean incorporadas, las cuales son:

a). Análisis de colágeno del hueso: en México la mayor parte de los estudios hasta el momento han usado la apatita del esmalte dental. Esto ha sido debido a que este material al ser más resistente a los procesos diagénéticos que el colágeno, es más confiable para analizar (Koch, 2007). Sin embargo, esto provoca un sesgo ya que solo se analizan aquellas localidades en donde existen molares de mamíferos dejando a un lado aquellas que solo se encuentran huesos. Adicionalmente en el caso del colágeno, existe un marcador biogeoquímico que no se halla en el esmalte dental: la $\delta^{15}\text{N}$. Este se puede usar para inferir el nivel trófico que ocupaba una especie en la cadena alimenticia, así como las condiciones de aridez que existían en una zona en el pasado.

b). Pequeños mamíferos y carnívoros: los pequeños mamíferos, como roedores y lagomorfos, son catalogados como excelentes herramientas para inferir las condiciones ambientales que existieron en un sitio en el pasado, como es el caso del clima. Por lo que los análisis isotópicos realizados hasta el momento en estos grupos de animales se han enfocado más a inferir las condiciones climáticas que a la dieta en sí, revelándose más preciso su uso en este tópico que sólo empleando mamíferos herbívoros grandes y medianos. En el caso de los carnívoros, al incluirlos en los análisis isotópicos en conjunto con los herbívoros, sirve para realizar inferencias más precisas acerca de las comunidades pleistocénicas así como para reconstruir las relaciones tróficas que existían en estas comunidades.

c): Patrones de migración: aunque ya existe un precedente en México de un trabajo que infiere la distancia a la cual se desplazaban algunos individuos de mamut, dado su pequeño número es imposible inferir si estos animales migraban en forma anual de un sitio a otro, como en el caso los mamutes y los mastodontes de Florida. Por lo anterior se hace necesario incluir más individuos de *Mammuthus* y otras especies, con la finalidad de indagar: ¿Cuáles eran los individuos o especies migrantes y cuales las residentes?, ¿a qué distancia y cuáles eran las posibles zonas en las que se desplazaban? y ¿si estos patrones se mantuvieron en el tiempo o se modificaron en respuesta a los cambios ambientales? Sin embargo, debe tomarse en cuenta que en el país existen regiones que poseen valores homogéneos de ^{87}Sr , como son la Faja Volcánica Transmexicana, ubicada en el Centro de México (Schaaf *et al.*, 2004), lo cual haría difícil determinar si algún animal tuvo algún movimiento regional. Por lo tanto, se hace necesario usar al mismo tiempo, la $\delta^{18}\text{O}$, para poder inferir los posibles zonas de desplazamiento y las distancia a la cual algunos animales se movían (Wright, 2012).

d). Otros marcadores biogeoquímicos: existen otros marcadores biogeoquímicos que no son tan populares en paleoecología de mamíferos como son los isótopos estables de carbono, nitrógeno y oxígeno: los elementos trazas (Sr/Ca, Ba/Ca) y las tierras raras. En el primer caso, estos son usados para realizar inferencias sobre paleodieta, pero adicionalmente son una alternativa a la $\delta^{15}\text{N}$ para inferir la posición trófica de algún animal, así como el tipo de vegetación que existió en una zona, lo cual daría una mayor resolución en el momento de inferir el tipo de hábitat donde los animales vivían y de manera indirecta el tipo de vegetación que existía en una zona, estableciendo sus cambios en el tiempo (Sillen y Lee-Throp, 1994). En cambio las tierras raras se han usado para verificar el grado de diagénesis en los restos óseos, pero también para corroborar si algunos restos encontrados en un yacimiento son contemporáneos o no (MacFadden *et al.*, 2012).

Así mismo, es recomendable realizar más trabajos de este tipo en aquellas especies que solo poseen un solo individuo analizado, con la finalidad de verificar si el tipo de dieta y de hábitat se mantiene, pero tratando de que el material analizado este fechado y así poder contrastar si estas dos características cambian o se mantienen en el tiempo. De la misma manera, el número de estudios paleoclimáticos debe de incrementarse y, sus resultados compararse con otro tipo de aproximaciones y de esta manera tener una visión más amplia de los cambios que sufrieron los ecosistemas de México durante el Pleistoceno Tardío.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de estudios de Postgrado No 200441 otorgada al primer autor y el apoyo dado para la realización de este proyecto (CB-2009-01-132620). Al Dr. Eduardo Corona-M por su invitación para participar en este número de la revista Archaeobios.

Referencias Bibliográficas

- Alberdi MT, Arroyo-Cabrales J, Polaco OJ (2003): ¿Cuántas especies de caballo hubo en una sola localidad del Pleistoceno Mexicano? *Revista Española de Paleontología* 18:205-212.
- Arroyo-Cabrales J, Polaco OJ, Johnson E (2007): An overview of the Quaternary mammals from México. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 259:191-203.
- DeNiro MJ, Epstein S (1981): Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochemica et Cosmochimica Acta* 45:341-351.
- Fariña RA, Vizcaíno SF (2001) Carved teeth and strange jaws: How glyptodonts masticated. *Acta Paleontologica Polonica* 46:219-234.
- Feranec RS (2004) Geographic variation in the diet of hypsodont herbivores from the Rancholabrean of Florida. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 207:359-369.
- Ferrusquía-Villafranca I, Arroyo-Cabrales J, Martínez-Hernández E, Gama-Castro J, Ruiz-González J, Johnson E (2010): Pleistocene mammals of México: A critical review of regional chronofaunas, climate change response and biogeographic provinciality. *Quaternary International* 1-2: 53-104.

- García-Zepeda MA, Arroyo-Cabrales J, Hernández Madrigal VM, Garduño-Monroy VH, Polaco OJ, Johnson E (2007): Migratory routes in southern North America (Mexico) for *Mammuthus columbi* (Proboscidea, Elephantidae). Paper presented at the 4th International Conference, Yakutsk, Rusia.
- Gillette DD, Ray CE (1981): Glyptodonts of North America. *Smithsonian Contributions to Paleobiology* 40:1-255.
- Grimes ST, Collinson ME, Hooker JJ, Matthey DP (2008): Is small beautiful? A review of the advantages and limitations of using small mammal teeth and direct fluorination analysis technique in the isotopic reconstruction of past continental climate change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 256:39-50.
- Hoppe KA, Koch PL, Carlson RW, Webb SD (1999): Tracking mammoths and mastodons: Reconstruction of migratory behavior using strontium isotope ratios. *Geology* 27:439-442.
- Hoppe KA, Koch PL (2006): The biogeochemistry of the Aucilla River fauna. In: *First Floridians and Last Mastodons: The Page-Ladson Site in the Aucilla River* Edited by Webb SD, Chapter 13, Pp. 379-401.
- Johnson E, Arroyo-Cabrales J, Polaco OJ (2006): Climate, environment, and game animal resources of the Late Pleistocene Mexican grassland. In: *El hombre temprano en América y sus implicaciones en el poblamiento de la Cuenca de México*. Edited by Jiménez LJC, González S Pompa y Padilla JA Ortíz PF, Chapter, 16 Pp. 231-245.
- Koch PL (1998) Isotopic reconstruction of past continental environments. *Annual Review Earth Planetary Science* 26:573-613.
- Koch PL (2007): Isotopic study of the biology of modern and fossil vertebrates. In: *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science* Edited by Michener R Lajtha K, Chapter 5, Pp. 99-154.
- Koch PL, Fogel ML, Tuross N (1994.): Tracing the diets of fossil animals using stable isotopes. In: *Stable isotopes in Ecology and environmental* Edited by Lajtha K Michener R H, Chapter 4, Pp. 63-92.
- Koch PL, Tuross N, Fogel ML (1997): The effects of simple treatment and diagenesis on the isotopic integrity of carbonate in biogenic hydroxylapatite. *Journal Archaeological Science* 24:417-429.
- Koch PL, Fox-Dobbs K, Newsome SD (2009): The isotopic ecology of fossil vertebrates and conservation paleobiology. In: *Conservation paleobiology. Using the past to manage for the future* Edited by Dietl GP, Flessa KW, Chapter, 6 Pp.95-112.
- Kohn MJ, McKay, MP Knigh JL (2005): Dining in the Pleistocene-who's on the menu? *Geology* 33:649-652.
- Lorenzo JL, Mirambell L (1986): Preliminary report on archeological and paleoenvironmental studies in the area of El Cedral, San Luis Potosí, México. In: *New Evidence for the Pleistocene Peopling of the Americas* Edited by Bryan AL, Chapter, Pp. 107-113
- MacFadden B (2005): Diet and habitat of toxodon megaherbivores (Mammalian, Notoungulata) from the late Quaternary of South America and Central America. *Quaternary Research* 64:113-124.
- MacFadden BJ, Higgins, Clementz MK, Jones DS (2004): Diets, habitats preferences and niche differentiation of Cenozoic sirenians from Florida: evidence from stable isotopes. *Paleobiology* 30:297-324.

- MacFadden BJ, Purdy BA, Church K, Stanford Jr TW, (2012): Humans were contemporaneous with Late Pleistocene mammals in Florida: evidence from rare earth elemental analyses. *Journal of Vertebrate Paleontology* 32:708-712.
- Mirambell, L (1982): Las excavaciones. In: Laguna de las Cruces, Salinas, S.L.P. Un sitio paleontológico del Pleistoceno final Edited by Mirambell L, Chapter 1, Pp. 128: 12-18.
- Montellano-Ballesteros M, Jiménez-Hidalgo E (2006): Mexican fossil mammals, who, where and when? In: Studies on Mexican paleontology Edited by Vega JF, Nyborg TG, Perrilliat MC, Montellano-Ballesteros M, Cevallos-Ferriz SRS, Quiroz-Barroso SA, Chapter, 12 Pp. 249-273.
- Nunez EE, MacFadden BJ, Mead JI, Baez A (2010): Ancient forests and grasslands in the desert: Diet and habitat of Late Pleistocene mammals from Northcentral Sonora, Mexico. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 297: 391-400.
- Palmqvist P, Pérez-Claros JA, Janis CM, Figuerido B, Torregrosa V, Gröcke DR (2008): Biogeochemical and ecomorphological inferences on prey selection and resource partitioning among mammalian carnivores in an early Pleistocene community. *Palaios* 23:724-737.
- Pérez-Crespo VA, Arroyo-Cabrales J, Benammi M, Sánchez-Chillón B, Alberdi MT, Santos-Moreno A (2007): Diet and habitat landscape of *Equus* sp. and *Mammuthus columbi* for the Late Pleistocene deposit at El Cedral, San Luis Potosí, Mexico. agu.ubsbook.com/07_PP43C.html
- Pérez-Crespo VA, Sánchez-Chillón B, Arroyo-Cabrales J, Alberdi MT, Polaco O, Santos-Moreno A, Benammi M, Morales-Puente P, Cienfuegos-Alvarado E (2009): La dieta y el hábitat del mamut y los caballos del Pleistoceno tardío de El Cedral usando isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26:347-355.
- Pérez-Crespo VA, Arroyo-Cabrales J, Alva-Valdivia L, Morales-Puente P, Cienfuegos-Alvarado E (2011): Paleoautoecología isotópica de localidades del Centro de México. Primer Congreso de Alumnos del Posgrado, Libro Resúmenes P. 256.
- Pérez-Crespo VA, Arroyo-Cabrales J, Alva-Valdivia LM, Morales-Puente P, Cienfuegos-Alvarado E (2012a): Datos isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) de la fauna pleistocénica de la Laguna de las Cruces, San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 29:299-307.
- Pérez-Crespo VA, Arroyo-Cabrales J, Alva-Valdivia L, Morales-Puente P, Cienfuegos-Alvarado E, Otero FJ (2012b): La paleodieta de cinco especies de mamíferos herbívoros rancholabreanos de Valsequillo, Puebla. II Encuentro Latinoamericano de Zooarqueología, Libro de Resúmenes, Santiago de Chile, Chile.
- Pérez-Crespo VA, Arroyo-Cabrales J, Alva-Valdivia LM, Morales-Puente P, Cienfuegos-Alvarado E (2012c): Diet and habitat definitions for Mexican glyptodonts from El Cedral (San Luis Potosí, México) based on stable isotopes analysis. *Geological Magazine* 149:153-157.
- Pérez-Crespo VA, Arroyo-Cabrales J, Benammi M, Santos-Moreno A, Morales-Puente P, Cienfuegos-Alvarado E (en prensa): Geographic variation of diet and habitat of Mexican populations of Columbian Mammoth (*Mammuthus columbi*). *Quaternary International*

- Prado JL, Sanchez B, Alberdi MT (2011): Ancient feeding ecology inferred from stable isotopic evidence from fossil horses in South America over the past 3 Ma. *BMC Ecology* 11:15: <http://www.biomedcentral.com/1472-6785/11/15>
- Sánchez B (2005): Reconstrucción del ambiente de mamíferos extintos a partir del análisis isotópico de los restos esqueléticos. In: *Nuevas técnicas aplicadas al estudio de los sistemas ambientales: los isótopos estables* Edited by Alcorn P, Redondo R, Toledo J, Chapter, 4 Pp. 49-64.
- Sánchez B, Prado JL, Alberdi MT (2004): Feeding ecology, dispersal, and extinction of South American Pleistocene gomphotheres (Gomphotheriidae, Proboscidea). *Paleobiology* 30:146-161.
- Schaaf P, Martínez-Serrano R, Siebe C, Macías-Vázquez J-L, Carrasco-Núñez G, Castro-Govea R, Valdéz-Moreno G (2004): Heterogeneous magma composition of Transmexican Volcanic Belt stratovolcanoes-geochemical and isotopic evidence for different basaltic compositions. In: *Neogene-Quaternary continental margin volcanism* Edited by Aguirre-Díaz GJ, Macías-Vázquez JL, Siebe C, P. 68.
- Sillen A, Lee-Thorp J (1994): Trace element and isotopic aspects of predator-prey relationships in terrestrial foodwebs. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 107:243-255.
- Solís-Pichardo G, Pérez-Crespo VA, Schaaf PE, Arroyo-Cabrales J (2011): Sr isotopes and migration of prairie mammoths (*Mammuthus columbi*) from Laguna de las Cruces, San Luis Potosí, México. Joint Assembly of American Geophysical Union. Libro Resúmenes B13C-0595
- Wright L (2012): Immigration to Tikal, Guatemala: Evidence from stable strontium and oxygen isotopes. *Journal of Anthropological Archaeology* 31:334-352.

The applications of stable isotope research in Canada's archaeological past: reconstruction of ancient diets in the northwest Pacific coast, the Canadian Prairies and southern Ontario

Claire Venet-Rogers
M.A. Candidate
University of Western Ontario

Abstract

Stable isotopic research has provided archaeologists with a unique window to the past. Using stable isotopes, archaeologists are able to determine various social, economic, and political aspects of a past population. Furthermore, with isotopic research one is also able to reconstruct the environmental and ecological context in which a past society lived. The focus of this article will be upon the recent isotopic research undertaken to better understand dietary trends among various groups in Canada's prehistory. Specifically, this article will focus upon understanding the importance of marine resources among the groups living along the Northwest coast of British Columbia, as well as understanding the spread and consumption of maize among groups in the Canadian Prairies and southern Ontario. This paper, then, will largely be a summation of past archeological research to highlight the progress that has been made in the last few decades in understanding Canada's rich and colourful past.

Keywords: stable isotopes, northwest Pacific coast, Canadian Prairies, southern Ontario, diet, consumption, trends, marine resources, maize, *Zea mays*.

Resumen

Las investigaciones de isótopos estables ha proporcionado a los arqueólogos una ventana única acerca del pasado. Con el empleo de isótopos estables, los arqueólogos pueden determinar diversos aspectos sociales, económicos y políticos de una población antigua. Por otra parte, la investigación isotópica es también capaz de reconstruir el contexto ambiental y ecológico en el que una sociedad del pasado ha vivido. El objetivo de este artículo será sobre las recientes investigaciones isotópicas comprometidas para entender mejor las tendencias dietéticas entre diversos grupos de la prehistoria de Canadá. En concreto, este artículo se centrará en la comprensión de la importancia de los recursos marinos entre los grupos que viven a lo largo de la costa noroeste de la Columbia Británica, así como la comprensión de la difusión y el consumo de maíz entre los grupos en las praderas canadienses de Ontario y el sur. Este documento, por tanto, será en gran medida un resumen de la investigación arqueológica pasado para resaltar los avances que se han realizado en las últimas décadas en la comprensión de un pasado rico y colorido de Canadá.

Palabras claves: isótopos estables, costa noroeste del Pacífico, praderas canadienses, sur de Ontario, dieta, consumo, tendencia, recursos marinos, maíz, *Zea mays*.

Introduction

Since its beginnings in the 1970s, stable isotopic research has been applied to various problems of archaeological interest. Isotopic research provides a wealth of information for archaeologists interested in reconstructing various social, political, and economic aspects of past societies. This method of research is based on the analysis of collagen, which provides a record of an individual's diet over their lifespan. Inorganic and organic constituents of bone provide a record of dietary intake. The elements and amino acids liberated from ingested food are incorporated into bone mineral formation of collagen (Pate, 1994).

If preservation is favorable, archaeologists can then extract stable carbon and nitrogen isotopic data from preserved collagen. Isotopic values are then interpreted by archaeologist to better understand whether these people exploited mostly terrestrial or marine resources as well as the trophic level of the foods they were eating. Dramatic changes in isotopic values could indicate events where the population altered their diet drastically, which could be due to a variety of factors such as: introduction of new cultigens or other species, migrations of peoples and animals, extinctions of certain species, climatic changes, etc. Stable isotope analysis, therefore, can aid in reconstructing the ecological and environmental context in which lived the population under study (Dincauze, 1987).

The focus of this article will be in exploring some of the uses of stable isotopic research in a Canadian context. Namely, the use of stable carbon and nitrogen isotopes to better understand trends in consumption patterns in the Canadian prairies of Western Canada, in the northwest coast of British Columbia, and in southern Ontario. The importance of marine resources among certain groups of the northwest coast, as well as the importance of maize in various groups of the Canadian Prairies and southern Ontario will be explored.

This review will be a summation of a variety of research projects that have been undertaken in the past with overall goal of emphasizing the usefulness of stable isotopic research for the purpose of understanding dietary trends and patterns. Stable isotope research can provide supporting data to past archaeological interpretations that are based solely on macro or micro evidence. Four previous archaeological research projects will be highlighted for the purpose of: i) showing the validity in using stable isotopic data to either support or disprove past interpretations in the literature; ii) using stable isotopic analysis of faunal remains to reconstruct ancient ecological settings; and iii) using stable isotopic data to show dietary trends and variability.

Stable carbon and nitrogen analyses

Bone is composed of organic matter (mostly type I collagen) and inorganic matter (carbonated hydroxyapatite). The stable carbon and oxygen isotope compositions (^{13}C and ^{18}O) of carbonate in skeletal materials have been used to better understand and reconstruct ancient climates, migrations patterns, physiology, and ancient diets. Carbon occurs in three isotopic forms: stable ^{12}C ,

stable ^{13}C , and radioactive ^{14}C . All these three carbon isotopes enter the base of the food chain as environmental carbon is incorporated into terrestrial and aquatic plant tissue via photosynthesis (Pate, 1994). The type of carbon used in photosynthesis will then affect the isotopic value in plant tissues.

Nitrogen on the other hand, possesses two stable isotopic forms: ^{14}N and ^{15}N . Plants obtain nitrogen from the soil (eg., after bacterial mineralization of organic matter), via symbiotic relationships with atmospheric nitrogen-fixing bacteria (eg., rhizobia) or capturing animals (carnivorous plants). When these plants are consumed by animals of a higher trophic level, their carbon and nitrogen atoms are then incorporated into the tissues of these animals which, after dying, preservation allowing, can be analyzed by archaeologists.

British Columbian northwest coast

The prehistoric cultural sequence in the northern British Columbian coast can be summarized into two broad periods: the Archaic and the Pacific period. The Archaic period began at 10,000 BP and ended around 5,000 BP. Sites from this time period are thus far only known in the Queen Charlotte Islands. Archaeological assemblages are dominated by microblades, unifaces and some bifaces (Ames, 1998). Archaeological sites are generally small and were not occupied for a long length of time (Ames, 1998).

As for the Pacific period, it is divided in three sub-periods: the Early Pacific (5,000 to 3,500 BP), the Middle Pacific (3,500 to 1,500 BP), and the Late Pacific (1,500 BP to 200 BP). Over the time span of the Pacific period, we see the appearance of large and extensive shell midden deposits, midden burials, the appearance of barbless harpoon tips, increased evidence of warfare, and some of the earliest structures. By the Late Pacific period, we see a cessation in midden burials, a practice that extended along the entire British Columbia northwest coast (Ames, 73).

Haida Gwaii

Haida Gwaii (Queen Charlotte Islands) is located not far from the north coast of British Columbia. This region is part of indigenous territories and is composed of two large islands and a series of smaller ones. It is located about 55 kilometers from the nearest adjacent land on the British Columbian coast (Szapak et al, 2009). Past archaeological research in the area shows a population whose major subsistence focus was on marine resources rather than terrestrial animals (Cannon et al, 1999; Szpak et al, 2009).

Cultures in this region developed into socially-stratified societies, with economies primarily based on fishing, hunting, and gathering. Marine species such as salmon and shellfish were particularly important in the development of these societies (Szapak et al, 2009). The intensive exploitation of marine resources in this region began as early as 3,500 BP. However, in other regions of the northwest coast such as at the Namu site, this intensive exploitation of marine resources began at 7,000 BP (Cannon et al, 1999).

The faunal samples collected by Szpak et al (2009) in their study of at the Haida Gwaii region span from 2,000 BP to 200 BP. During this time period, there are increased evidences of conflicts and regional interactions, as well as an increased focus on marine resources and food procurement technologies around (Fladmark et al, 1990; Fedje and Mackie, 2005; Mackie and Acheson, 2005). Changes in settlement patterns are also inferred, with many groups now opting for a more sedentary lifestyle (Szpak et al, 2009).

The major focus of this research was on collecting and analyzing various vertebrate faunal samples for isotopic analyses. The faunal remains sampled for this study derived from various village sites, all located in the southern region of Haida Gwaii (Szpak et al, 2009). The main goals of this study were: i) provide a more complete baseline of faunal data in Haida Gwaii through a study of faunal isotopic values; and ii) address ecological conditions in this region during this time period.

Faunal samples were collected primarily from three village sites, along with a small number of fauna collected from four additional villages (Szpak et al, 2009). Overall, 104 samples were included in this study which covered 32 different vertebrate taxa. Szpak et al (2009) chose the species that were most likely to have been considered of great economic importance to the people of Haida Gwaii, according to previous archaeological research (Blackman, 1990; Orchard, 2007).

The identification of trophic positions of each species was carried using bone collagen $\delta^{15}\text{N}$ values. Past nitrogen isotopic research in this region has focused on three species: harbor seals, northern sea lions and harbor porpoises (Pauly et al, 1998b; Beattie et al, 1999; Das et al, 2003). A study of the nitrogen values of these three species in the archaeological samples will determine their diet, which, in turn, could be used to make inferences of what food was available for humans living in the area.

These species tend to be primarily associated to near-shore areas and would normally have less negative $\delta^{13}\text{C}$ values than the ones found off-shore, such as salmon and other oceanic fish (Szpak et al, 2009). In sea otter populations with density near equilibrium, they will usually be eating near-shore species of fish (Riedman and Estes, 1988??). The sea otters in this study, however, were consuming more benthic invertebrates, such as sea urchins, clams, and other bivalve mollusks that live near or at the substrate of oceans or lakes. This information, combined with vast amounts of sea otter bones present in the faunal assemblages, suggests that populations of sea otters in Haida Gwaii were below equilibrium density, most likely due to human hunting (Szpak et al, 2009).

In the case of northern fur seals, the isotopic data suggests that their population at this time period had a markedly different biogeography than modern ones. Isotope values can be associated to the latitudes occupied by a population. It was expected that the isotopic signatures of the fur seal remains collected from Haida Gwaii would reflect a latitude intermediate between Alaska and California, given the relatively high-latitude of southern Haida Gwaii (Szpak

et al, 2009). Yet, the isotopic signatures of these fur seals suggest that they were year-round occupants and that they were primarily eating off-shore species (Szpak et al, 2009). This would certainly question the assumption of fur seals as being species that lived primarily near shores, and certainly brings to the forefront that such species may have drastically changed their feeding habitats in the past few hundred years.

No human samples were analyzed in this study, but they have been previously analyzed by archaeologists working in the Haida Gwaii region. The known carbon and nitrogen isotopic values of human skeletal remains in the region show that, though overall there is a big focus on marine foods, there is also evidence of temporal and regional variability. It is often assumed that the diets of people living along the coast were uniform across space and time, yet it must also be considered that the coastal environment is rich in various species of fish, marine mammals, and shellfish. It is therefore problematic to assume that people were eating the same species in similar amounts (Butler and Campbell, 2004).

Along with environmental factors, food choices are also influenced by other more social and ideological factors. Some of the environmental factors that may affect food choices can be elucidated through isotopic analyses, such as the ones conducted in this research. As the data has shown in this study, fur seals were not generally feeding near-shore, and this suggests that the fur seals consumed by these individuals may have been hunted by individuals using floating devices away from the shore.

This work emphasizes the importance of providing a baseline of faunal data from which to study various aspects of ancient societies. By understanding the various species present at the time and where these were foraging, we can better understand human hunting and foraging behavior. Additionally, understanding a species feeding by identifying the trophic levels of the food they were eating, may shed light on whether these species were at, below, or above population equilibrium, which will then help us to determine whether these were being over-exploited by humans or other predators.

Thus, the research by Szpak et al (2009) highlights the use of stable isotopic data in reconstructing the ecological and environmental setting in which a past population lived. The next archaeological research that will be summarized below highlights the importance of using faunal dog remains as proxies to understand human diets in cases where human remains are not readily available.

Namu

The archaeological site of Namu is also located on the northwest coast of British Columbia. Past archaeological research in this region shows well preserved vertebrate and invertebrate faunal remains, primarily composed of marine resources, dating as far back as 6,000 years ago (Cannon et al, 1999). Human skeletal remains have also been recovered from the archaeological site and have undergone stable isotopic analysis (Chisholm et al, 1982, 1983??). It

has been confirmed that people living at the site between 4,500 and 2,800 BP were eating primarily marine food. However, the limited amount of human remains recovered from the archaeological site encouraged Cannon et al (1999) to use archaeological dog remains, readily available at the site throughout the various time periods, to make inferences about the human diet.

There were various advantages to using dog remains instead of human ones, as the former were more prevalent overall the latter, and also represented a longer span of time than the human remains (Cannon et al, 1999). With dog remains being present for a longer length of time, it is possible to study changes in diet over a longer length of time. Thus, Cannon et al (1999) collected fifteen dog bones, being distributed across a range of excavation units and levels, covering the time period of 6,060 to 1,405 BP.

Dogs will often eat the table scraps and leftovers of humans (Tankersley and Koster, 2009). Just as with humans, stable carbon and nitrogen isotopic compositions of dog tissue reflect the food ingested during their lifetime. Therefore, if dogs often eat the leftovers of human meals, we can assume that both remains would have similar isotopic values. Thus, if the carbon and nitrogen isotopic values of dog remains change drastically, it can be assumed that the human economy may have also changed at such time.

Because of the lack of availability of human skeletal material at the Namu Site, dog remains were used as a proxy for isotopic research. If dogs are indeed a suitable proxy for monitoring human consumption patterns, their ^{13}C levels should be relatively similar to the ones obtained from human bone samples previously obtained. Overall, the human bones showed that a great proportion of their diet (over 90%) was obtained from marine-based resources (Cannon et al, 1999). This study had two main goals: i) test the validity of using dog remains as a proxy for human consumption patterns; and ii) studying changes in human consumption in this region.

The results of the study showed that, overall, the carbon values of dog remains were similar to the human isotopic values, suggesting that dog remains can be a suitable proxy for human ones. The dog's isotopic values confirm that humans were mainly exploiting marine food resources. Their isotopic values show trends where salmon appears to have been consumed less frequently, with a revealing simultaneous increased consumption of terrestrial resources (Cannon et al, 1999). The dog data also shows trends in shellfish over such time period, with such food resource increasing in abundance after 3,500 BP.

These results are relatively similar to the human isotopic values collected in previous research projects (Chisholm et al, 1982, 1983??). Cannon et al (1999) concluded that using dog remains holds many advantages for archaeologists hoping to see trends in food consumption. Depending on the archaeological context, dog remains can be more readily available than human remains as previously indicated. Besides, they should not be subjected to the limiting ethnical issues and considerations that may be encountered when using human remains for isotopic analyses. Additionally, dog bones may in fact be *more* sensitive than human remains. Indeed, human collagen is replaced over

their lifetime, and the final available material is therefore an average of their diet over the span of the lifetime since collagen is being replaced. On the contrary, dogs have much shorter lives (about 10 times) than human, and therefore their collagen may be more sensitive to short-term effects, such as poor salmon runs. Therefore, dog remains may be better for archaeologists hoping to gain a clearer understanding of short-term dietary variability.

Maize in the Canadian Prairies and southern Ontario

The upward shift in $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios of human remains in the archaeological record in North America and Mesoamerica is often associated to the consumption of corn (Gannes et al, 1997). Different plants use different photosynthetic pathways, which will determine their isotopic composition. In terrestrial plants, carbon isotope fractionation occurs in three different photosynthetic pathways: C_3 , C_4 and Crassulacean Acid Metabolism (CAM). Most native plants in temperate regions belong to the C_3 group, and therefore have different isotopic values than C_4 ones.

On the other hand, terrestrial plants such as seasonal grasses, trees, tubers and most bushy plants use instead the C_3 photosynthetic pathway (DeNiro, 1987; Coltrain et al, 2007). The C_4 plants include teosinte, maize, amaranth, sugar cane, sorghum and some millets (DeNiro, 1987). The CAM plants, on the other hand, are plants such as cactus, yucca, pineapple, prickly pear and agave (DeNiro, 1987; Coltrain et al, 2007). Maize uses a photosynthetic pathway that results in higher $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios in comparison to temperate plants. Nitrogen can also be used to determine the plant types. Legumes are depleted in ^{15}N compared to non-leguminous plant, and therefore the individuals that consume a considerable amount of beans will have a lower ^{15}N value than those that consume the other type of plants. Nitrogen levels, therefore, can tell apart leguminous plants from non-leguminous ones. Thus, peanuts, beans, peas and other legumes (C_3) have lower $\delta^{15}\text{N}$ values than those of non-leguminous plants. Maize has a higher nitrogen level than the leguminous plants (DeNiro, 1987).

The origin and subsequent spread of *Zea mays* from Mexico to the North represents a fundamental moment in the history of ancient people. With the appearance of maize in the archaeological record, contemporaneous changes in settlement patterns and social organization are also found. Therefore, much archaeological efforts have been channeled towards understanding when maize first made its way into various regions of America.

There is much debate among archaeologists about whether the spread of maize reflects a physical movement of people who brought maize with them into regions where such plant did not grow previously. Or, rather, that maize was brought into these regions through extensive trade networks. Much of the archaeological record of eastern North America suggests that the transition from a hunter-gatherer lifestyle to intensive horticulture was gradual, beginning first with the domestication of indigenous plants such as *Chenopodium* and, later, the adoption and domestication of secondary cultigens such as maize (Katzenberg et al, 1995). A widespread adoption of maize through eastern

North America is observed by 600 AD. Past archaeological research suggests that maize became widespread in the Lower Great Lakes by 900 AD (Boyd et al, 2008). These secondary crops did not arrive into a hunting-gathering environment but were adopted into it, and in some cases eventually displaced existing indigenous crops (Rose, 2008). Most of such primary crops in North America are C₃, in contrast of the tropical maize, a secondary crop which made its way from Mexico and spread extensively to the North (Rose, 2008). Stable isotope research can further our understanding of when maize became an essential component of prehistoric diets.

Much research has focused on understanding the spread and subsequent intensification of maize horticulture in large-scale villages, but few have focused on the role it played in small-scale societies, such as those that occupied regions of the Canadian prairies (Boyd et al, 2008). Next are highlighted two studies about the spread of maize among small-scale societies that were part of a wider and more complex economic transition that was sweeping across North America.

However, as was the case with marine resource in the northwest coast of British-Columbia, the consumption of maize in North American was subject to variability over space and time. It was not always incorporated in indigenous diets and it was not necessarily eaten in large quantities. Additionally, it is often assumed that maize consumption is associated to a more sedentary lifestyle, yet this is not necessarily the case in all instances. Thus, two studies will be presented below to highlight the variability in the consumption of maize in different regions of Canada.

Late Woodland maize in the northern Great Plains

Little is known of the impact that maize had among the small-scale societies living along the borders of the Great Plains in the eastern Canadian Prairies and the adjacent boreal forest. This area holds an extensive archaeological record, though the habitation sites in this region are generally small and were occupied for only brief periods (Boyd et al, 2008). Indeed, there is no evidence of permanent settlements, nor features that could indicate that they were storing food (Boyd et al, 2008).

This region marks the northernmost limit where maize grows today, and despite the lack of evidence of food-storage and tools associated to gardening, a study by Boyd et al (2006) has resulted in the discovery of microscopic maize remains, suggesting that maize was present in this region prior to European contact. To acquire a better understanding of exactly how important maize was in the diets of peoples living in this region, Boyd et al (2008) carried out stable carbon and stable nitrogen analyses of food residue samples from a large collection of archaeological sites spread across the border between the Canadian Prairies and the boreal forests.

Samples of carbonized food residues were collected from sites dispersed across the southern region of Manitoba, though two locales were particularly emphasized: Tiger Hills and Oak Lake Sandhills, where evidence of maize

consumption had been previously discovered (Boyd et al, 2006). The samples from southern Manitoba were then compared to samples collected from contemporaneous sites in the southern boreal forests and the Lockport region of the northern Red River Valley. The various locales from which were collected these samples were dated using ceramic evidence.

Archaeologists have concluded that the sites occupying the northern edge of the Great Plains and the boreal forest included in this study were occupied after about 700 AD (Boyd et al, 2008). Maize was present in this region as early as 700 AD, though it is still unknown whether the maize was grown locally or was obtained through trade. Maize macrofossils seem to decline generally in frequency in the boreal forest archaeological sites. Boyd et al (2006) suggest three different reasons to explain this low frequency: i) due to the region being furthest away from the source of maize, trading for maize was costly to people living in the boreal forest; ii) if they grew their own maize, then the shorter growing region in this area would have resulted in the production of less maize; and iii) they simply did not consider it all that important, and therefore did not incorporate it in their diet quite as frequently or abundantly as people in the prairies (Boyd et al, 2008).

The majority of native plants in this study area are C₃. The few species of C₄ plants present generally decrease in abundance with latitude over the prairies. Also present in the prairies were bison that would have consumed many of the C₄ plants. It is therefore problematic to apply stable carbon and stable nitrogen isotope studies in this region, as it is difficult to determine whether the isotopic values in human remains are the result of these individuals eating maize or eating animals that would have grazed on C₄ plants (Boyd et al, 2006, 2008). There is a similar issue in interpreting the isotopic value of food-carbonized remains in ceramics collected at these sites. It is impossible to determine whether it was bison meat or maize being processed in these ceramics.

Overall, the results suggest that individuals from the locales of Tiger Hill and the Oak Lake Sandhills were ingesting food with less depleted ¹³C. This indicates that they could have been eating either C₄ plants or tissues of animals that had fed on C₄ plants. When comparing the values obtained between the two locales, we see that these are generally similar, suggesting that the diets of people from these locales was relatively similar. On the contrary, the values obtained from locales in the boreal forest, the Lockport and the Winnipeg river are more variable, suggesting that individuals were exploiting a variety of different resources, with some occasional consumption of C₄ plants such as maize (Boyd et al, 2006, 2008).

Overall, the botanical and chemical evidence analyzed in this study show that carbonized-maize remains are present on these sites after 700 AD. Despite variability in the importance of maize in the economies of the locales considered, maize consumption appears to have become a commonality that linked these small villages throughout this region. The results are surprising, as many assumed that maize horticulture and consumption went hand in hand with increased social organization and the construction of permanent villages. Yet, in

this study, maize consumption and horticulture are found in small and moving groups.

Maize in southern Ontario

Compared to the locales explored in the Boyd et al (2008) study, southern Ontario is home of fertile floodplains, which was a favorable environment to grow crops. It is therefore no surprise that the first agricultural communities of Ontario were present in the south (Crawford et al, 1998). Examples of crops that were grown are: beans, cucurbit, tobacco and maize. Prior to the arrival of the latter, however, evidence suggests that numerous aboriginal groups were eating locally available resources, such as several fruits, seeds, berries, game and freshwater fish (Katzenberg et al, 1995). Indigenous groups also grew their own native crops, such as *Chenopodium*. It is believed by archaeologists that maize became a significant crop throughout the Lower Great Lakes region of North America between 900-1100 AD (Crawford et al, 1997??).

In their study of maize consumption in southern Ontario, Katzenberg et al (1995) aimed to present new data on stable carbon and stable nitrogen isotopes in human bone collagen from six different sites in southern Ontario, all dated between 400-1500 AD. In order to better understand the spread of maize, they compared their isotopic data to data collected from other sites in northeastern North America. Samples were collected from a variety of sites. They included the Monarch Knoll site, which pre-dates the introduction of maize (about 450 AD), the Varden site (900 AD), the Surma site (700 AD), the Miller site (dated to 1152 ±118 AD, with a calibrated date of 1115 ±70 AD), the Force site (radiocarbon dates range from 1235 ±75 to 1325 ±75 AD), the Bennett site (radiocarbon date of 1260 ±60 AD, and a calibrated date of 1260 ±130 AD) and the Woodbridge-McKenzie site (1500 AD).

The results of the Katzenberg et al (1995) study show, overall, a steady increase in maize consumption following its introduction around 700 AD. The Monarch Knoll site shows little to no consumption of C₄ plants, as is expected from a site that pre-dates the introduction of maize in the region. At the Surma site, there is some consumption of C₄. Compared to the Surma site, however, the Varden site shows much less consumption of C₄ plants, thereby suggesting that maize may not have figured highly in their diet as in the peoples of Surma. This is also consistent with the floral and faunal remains discovered at the site, which show that such people had a broad diet composed of large species of fish, berries, plumps and grapes. No maize remains were found at the site.

Katzenberg et al (1995) propose that the large amounts of carnivorous fish in their diet may have affected their isotopic values to make it seem as if they were eating C₄ plants. The later sites, as one would expect, show increased consumption of maize. Lastly, the samples collected from the Bennett site and the Woodbridge-McKenzie site suggest that people were consuming a considerable amount of C₄ plants, which is consistent with the archaeological data excavated from these sites, pointing that these were large horticultural villages (Katzenberg et al, 1995). In considering their data with other data sets

published from this region, the highest ^{13}C values are present between 1300-1400 AD, dropping slightly around the proto-historic and historic periods, as is expected with indigenous populations being dramatically affected by disease and warfare.

Before growing maize, indigenous people in this region cultivated indigenous plants, such as *Chenopodium*, which has a C_3 photosynthetic pathway. Apart from species of carnivorous freshwater fish and waterfowl (who have lower C_3 values than terrestrial herbivores and herbivorous fish), most locally available foods also have C_3 photosynthetic signatures (Katzenberg et al, 1995) In such research, they conclude that the general trend towards increasing $\delta^{13}\text{C}$ values between 500-1300 AD in eastern North America is due largely to an increased consumption of maize. Certain areas, such as the northern regions of Illinois show higher ^{13}C values than southern regions such as Tennessee, Arkansas and Missouri, which seems to suggest that in these southern area there was a delay in the consumption of maize, maybe due to a reliance of people on their aboriginal crops (Katzenberg et al, 1995). Many have assumed that the adoption of maize was uniform across North America. However, studies such as this one say otherwise. It appears that though in certain areas an increased dependence on maize is found, people did not necessarily drop their indigenous crops for the new crop. There is, therefore, a dietary variability across North America.

Conclusions

The examples provided in this article were chosen specifically to highlight the progress of stable isotopic research in the recent decades. Stable isotopic analyses of carbonized food, fauna, and human remains can help archaeologists reconstruct various aspects of the past. Isotope research on the northwest coast of British Columbia supports the faunal macroscopic data, which suggests that these people were primarily eating marine resources, though the diets are subjected to regional and temporal variability. Furthermore, one of the highlighted studies showed the usefulness in using dog remains as proxies, in contexts where archaeologists have limited access to human remains, either due to ethical considerations or issues with preservation. The second half of the article covered isotopic research in the Prairies and southern Ontario, to consider the spread and intensification of maize consumption. As seen with the data from the northwest coast, there existed much temporal and regional variability in the importance of maize in the diets of humans. Thus, the adoption of maize was a relatively slow process, with some groups still eating their own indigenous crops abundantly in the process over time. There are, of course, some obvious issues with stable isotopes research; essentially, that this type of research is quite expensive and that samples can be easily contaminated. If finances are not a concern, then stable isotopic research can be successfully exploited to reveal some interesting information about ecological contexts and dietary variability in the archaeological record.

Acknowledgements. I would like to thank all the researchers mentioned in this article. Without their hard work and dedication in the development of stable isotopes research, I would have been unable to write this article. Seeing as this article was simply a summation of their work,

they deserve most if not all of the credit. Secondly, I would like to thank *Víctor F. Vásquez Sánchez*, who presented me with the opportunity of contributing an article and who has been helpful and understanding in his corrections and edits. Lastly, I would also like to thank *Gabriel Dorado*, who has patiently and painstakingly edited this article.

References Bibliographic

- Ames, K.M. 1998. Economic Prehistory of the Northern British Columbia Coast. *Arctic Anthropology* 35(1): 68-87.
- Beattie, A., Wallace, S., Haggan, N. 1999. Report of the BTF workshop on reconstruction of the Hecate Strait Ecosystem. In: Haggan, N., Beattie, A., Pauly D. (Eds), *Back to the Future: Reconstructing the Hecate Strait Ecosystem*, University of British Columbia. Fishery Centre Research Report Series, vol. 7. No.3. Vancouver, British Columbia.
- Blackman, M. 1990. Haida: traditional culture. In: Suttles, W. (Ed), *Handbook of North American Indians*, vol. 7. Northwest Coast, Smithsonian Institution, Washington, D.C., pp. 240-260.
- Boyd, M. Surette, C., Nicholson, B.A. 2006. Archaeobotanical evidence of prehistoric maize (*Zea mays*) consumption at the northern edge of the Great Plains. *Journal of Archaeological Science* 33: 1129-1140.
- Boyd, M., Varney T., Surette, C., and J. Surette. 2008. Reassessing the northern limit of maize consumption in North America: stable isotope, plant microfossil, and trace element content of carbonized food residue. *Journal of Archaeological Science* 35 (2545-2566).
- Butler, V.L., Campbell, S.K. 2004. Resource Intensification and Resource Depression in the Pacific Northwest of North America: A Zooarchaeological Review. *Journal of World Prehistory* 18(4): 327-405.
- Cannon, A., Schwarcz, H.P., Knyf, M. 1999. Marine-based Subsistence Trends and the Stable Isotope Analysis of Dog Bones from Namu, British Columbia. *Journal of Archaeological Science* 26: 399-407.
- Chisholm, B.S., Nelson D.E., Schwarcz, H.P. 1982. Stable-Carbon Isotope Ratios as a Measure of Marine versus Terrestrial Protein in Ancient Diets. *New Series* 216(4550): 1131-1132.
- Chisholm, B.S., Nelson, D.E., Schwarcz, H.P. 1983. Marine and Terrestrial Protein in Prehistoric Diets on the British Columbian Coast. *Current Anthropology* 24(3): 396-398.
- Coltrain, J.B., Janetski, J.C., Carlyle, S.W. 2007. The Stable- and Radio-Isotope Chemistry of Western Basketmaker Burials: Implications for Early Puebloan Diets and Origins. *American Antiquity* 72(2): 301-321.
- Crawford, G.W., Smith, D.G., Bowyer, V.E. 1997. Dating the Entry of Corn (*Zea Mays*) into the Lower Great Lakes Region. *American Antiquity* 62(1): 112-119.
- Crawford, G.W., Smith, D.G., Desloges, J.R. and A.M. Davis. 1998. Floodplains and Agricultural Origins: A Case Study in South-Central Ontario, Canada. *Journal of Field Archaeology* 25(2): 123-137.
- Das, K., Lepoint, G., Leroy, Y., Bouquegneau, J.M., 2003. Marine mammals from the southern North Sea: feeding ecology data from $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ measurements. *Marine Ecology Progress Series* 263, 287-298.
- DeNiro, M.J. 1987. Stable Isotopy and Archaeology. *American Scientist* 75(2): 182-191.

- Dincauze, D.F. 1987. Strategies for Paleoenvironmental Reconstruction in Archaeology. *Advances in Archaeological Method and Theory* 11: 255-336.
- Fedje, D.W., Mackie Q. 2005. Overview of culture history. In: Fedje, D.W., Mathewes, R.W. (Eds), *Haida Gwaii: Human History and Environment from the Time of Loon to the Time of the Iron People*. UBC Press, Vancouver, British Columbia, pp. 154-162.
- Fladmark, K.R., Ames, K.M., Sutherland, P.D. 1990. Prehistory of the northern coast of British Columbia. In: Suttles W. (Ed.), *Handbook of North American Indians*, vol. 7. Northwest Coast, Smithsonian Institution, Washington, D.C. pp. 229-239.
- Gannes, L.Z., O'Brien, D.M., Martinez del Rio, C. 1997. *Ecology* 78(4): 1271-1276.
- Katzenberg, M.A., Schwarcz, H.P., Knyf, M. and F. Jerome Melbye. 1995. Stable Isotope Evidence for Maize Horticulture and Paleodiet in Southern Ontario, Canada. *American Antiquity* 1995: 335-350.
- Mackie, Q., Acheson, S. 2005. The Graham Tradition. In: Fedje, D.W., Mathewes, R.W. (Eds), *Haida Gwaii: Human History and Environment from the Time of the Loon to the Time of the Iron People*. UBC Press, Vancouver, British Columbia, pp. 274-302.
- Orchard, T.J. 2007. Otters and Urchins: Continuity and Change in Haida Economy during the Late Holocene and Maritime Fur Trade Periods. Unpublished Ph.D. Dissertation, Department of Anthropology, University of Toronto, Toronto, Ontario.
- Pate, F.D. 1994. Bone Chemistry and Paleodiet. *Journal of Archaeological Method and Theory* 1(2): 161-209.
- Pauly, D., Trites, A.W., Capuli, E., Christensen, V., 1998b. Diet composition and trophic levels of marine mammals. *ICES Journal of Marine Science* 55, 467-481.
- Pauly, D., Trites, A.W., Capuli, E., Christensen, V., 1998. Diet Composition and trophic levels of marine mammals. *ICES Journal of Marine Science* 55, 476-481.
- Riedman, M.L. Estes, J.A., 1988. A review of the history, distribution and foraging ecology of sea otters. In: VanBlaricom, G.R., Estes, J.A. (Eds), *The Community Ecology of Sea Otters*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 4-21.
- Rose, F. 2008. Intra-Community Variation in Diet during the Adoption of a New Staple Crop in the Eastern Woodlands. *American Antiquity* 73(3): 413-439.
- Szpak, P., Orchard, T.J., Grocke, D.R. 2009. A late Holocene vertebrate food web from southern Haida Gwaii (Queen Charlotte Islands, British Columbia). *Journal of Archaeological Science* 36 (2734-2741).
- Tankersley, K.B., Koster, J.M. 2009. Sources of Stable Isotope Variation in Archaeological Dog Remains. *North American Archaeologist* 30(4): 361-375.

REVIEW**Isotopes in bioarchaeology - Review**

Gabriel Dorado ¹, Teresa E. Rosales ², Fernando Luque ³, Francisco Javier S. Sánchez-Cañete ⁴, Isabel Rey ⁵, Inmaculada Jiménez ⁶, Arturo Morales ⁷, Manuel Gálvez ⁸, Jesús Saíz ⁹, Adela Sánchez ⁹, Víctor F. Vásquez ¹⁰, Pilar Hernández ¹¹

¹ Author for correspondence, Dep. Bioquímica y Biología Molecular, Campus Rabanales C6-1-E17, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba (Spain), eMail: <bb1dopeg@uco.es>; ² Laboratorio de Arqueobiología, Avda. Universitaria s/n, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo (Peru); ³ Laboratorio de Producción y Sanidad Animal de Córdoba, Ctra. Madrid-Cádiz km 395, 14071 Córdoba; ⁴ EE.PP. Sagrada Familia de Baena, Avda. Padre Villoslada 22, 14850 Baena (Córdoba); ⁵ Colección de Tejidos y ADN, Museo Natural de Ciencias Naturales, 28006 Madrid; ⁶ IES Puertas del Campo, Avda. San Juan de Dios 1, 51001 Ceuta; ⁷ Dep. Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Cantoblanco (Madrid); ⁸ Dep. Radiología y Medicina Física, Unidad de Física Médica, Facultad de Medicina, Avda. Menéndez Pidal s/n, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ⁹ Dep. Farmacología, Toxicología y Medicina Legal y Forense, Facultad de Medicina, Avda. Menéndez Pidal, s/n, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba; ¹⁰ Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoeológicas Andinas ARQUEOBIOS, Apartado Postal 595, Trujillo (Peru); ¹¹ Instituto de Agricultura Sostenible (IAS), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Alameda del Obispo s/n, 14080 Córdoba

Abstract

The elements of the periodic table are made of populations of isotopes (atoms with the same number of protons, but different number of neutrons). Interestingly, such isotopes may be differentially distributed in the nature. On some instances, such selective fractionation is carried out inside the living organisms, due to their peculiar physiologies. Such is the case of the carbon isotopes in the C3, C4 and CAM plants. Therefore, it is possible to ascertain the diet of ancient remains, since such isotopic differential distribution is transmitted through the trophic chain. Other examples of isotopes used in archaeology include the nitrogen, oxygen, hydrogen, sulfur, strontium, calcium, lead, selenium, zinc, potassium and aluminium. Some isotopes are stable, but others are radioactive and thus decay with time, being therefore an invaluable tool for dating archaeological remains. This way, it is not only possible to determine the age of inorganic and organic material, but also to study paleodiets, paleomobilities and paleoclimates in paleoecological contexts.

Key words: atomic number, mass number, nuclide, mass spectrometry, artifacts, tools.

Resumen

Los elementos de la tabla periódica están formados por poblaciones de isótopos (átomos con el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones). Curiosamente, tales isótopos pueden estar distribuidos de forma diferencial en la naturaleza. En algunos casos, dicho fraccionamiento selectivo se lleva a cabo dentro de los organismos vivos, debido a sus fisiologías peculiares. Tal es el caso de los isótopos del carbono en las plantas C3, C4 y CAM. Por tanto, es posible determinar la dieta de restos antiguos, ya que dicha distribución diferencial de los isótopos es transmitida a través de la cadena trófica. Otros ejemplos de isótopos usados en arqueología incluyen el nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, azufre, estroncio, calcio, plomo, selenio, cinc, potasio y aluminio. Algunos isótopos son estables, pero otros son radiactivos y por tanto decaen con el tiempo, siendo por tanto una herramienta inestimable para datar restos arqueológicos. De este modo, es posible no sólo determinar la edad de material inorgánico y orgánico, sino también estudiar paleodietas y paleoclimas en contextos paleoecológicos.

Palabras clave: número atómico, número másico, nucleido, espectrometría de masas, artefactos, herramientas.

Introduction

The archaeology in a broad sense involves the study of the past. This means analyzing evidence that may be partial and somehow modified. That may represent a serious handicap in some instances, where most or even all of the direct evidence may be lost. Fortunately, there is a wonderful tool for such studies that stems from the fact that the Universe is made of the elements of the periodic table first published by Dmitri Mendeleev in 1869 (based on previous proposals), which was widely recognized and further increased with new elements, currently being a work in progress (Fig. 1). The chemical elements are classified after their atomic number (also known as proton number; corresponding to the protons of the atom), electron configuration and chemical properties. Such elements have been discovered in the nature or artificially synthesized.

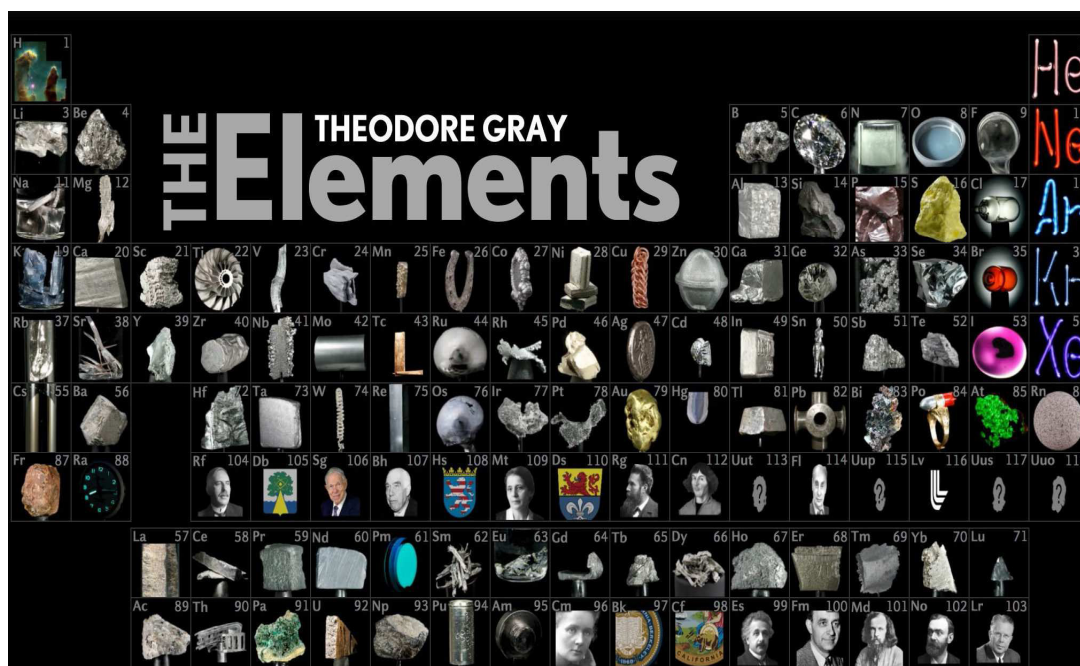


Figure 1. Periodic table of the elements. Classification of the chemical elements after Dmitri Mendeleev (1869), based on previous works and currently in development. Figure credit: The Elements for iPad. © 2012 Theodore Gray - Touch Press <<http://www.touchpress.com/titles/theelements>>.

Most elements are present in the nature as a population of different varieties of atoms, much as the living species are made of populations of individuals showing genetic polymorphisms (mutations or variations in their genomes). Thus, while each chemical element has a unique number of protons, the number of neutrons varies between the different atoms. Such variations are known as isotopes (which is derived from Greek words meaning “same place”, since they are included in the same periodic table site). Therefore, each isotope has a different mass number (number of nucleons: protons plus neutrons; also known as atomic mass, atomic mass number or nucleon number). For instance, the carbon element found in the nature is made of three different types of atoms (all having six protons, but six, seven or eight neutrons, being therefore named after their mass numbers (carbon-12 or ^{12}C , carbon-13 or ^{13}C , and carbon-14 or ^{14}C , respectively). From the semantic point of view, the word isotope is used to group all the atoms of each element, whereas the term nuclide is applied to individual nuclear species. In other words, the term isotope emphasizes the chemical properties over the nuclear ones, while the term nuclide (for instance, an atom with a specific number of

protons and neutrons, like the ^{13}C) emphasizes the nuclear properties over the chemical ones.

In any case, since both names correspond to the same elements, they are sometimes used as synonyms, without any particular distinction. The letter “m” is added after the mass number, to identify metastable nuclear isomers (eg., $^{131\text{m}}\text{Xe}$). They represent energetically-excited nuclear states, which are less-stable than the lower-energy ground states.

The isotopes (or nuclides) are classified as stable and radioactive (radioisotopes or radionuclides) that undergo radioactive decay. For instance, both the ^{12}C and ^{13}C are considered as stable isotopes, while the ^{14}C is a radioactive form of carbon. When an element has no stable isotope(s), then the atomic mass of its less unstable (most “stable”) isotope is shown in parentheses in the periodic table. Thus, some elements are represented by a stable isotope, others by a radioactive one, and yet others by both. Usually, the most abundant isotopes of a particular element in the nature are usually the stable ones. Yet, many isotopes classified as stable are predicted to be radioactive, albeit with extremely long half-lives. For instance, 35 primordial nuclides (present at the formation of the solar system; ~4.6 milliards of years ago) have extremely long half-lives (more than 80 million years). There are 27 radionuclides with predicted half-lives longer than the age of the universe (~13.75 milliards of years). Extremely long-lived radioisotopes are the tellurium, indium, and rhenium. For instance, the ^{128}Te has the longest half-life among the radionuclides, being about 160×10^{12} times the age of the universe. Besides, if the proton decay is considered, all elements would be ultimately unstable, given enough time. Yet, the stable/unstable classification is used for practical reasons. On the other hand, the radiogenic nuclides (which can be stable or radioactive) are the ones being generated during the radioactive decay processes.

There are more than 5,172 known nuclides to date, including natural (971) and synthetic (4,201) ones: i) 90 theoretically stable to all but proton decay (albeit, such phenomenon has not been observed so far), including the first 40 elements of the periodic table); ii) 254 also considered stable, since no decay has been detected so far, yet being energetically unstable to one or more known decay modes; iii) 288 radioactive primordial nuclides; iv) 339 radioactive nuclides found in the nature (but non-primordials), known as daughter products, daughter isotopes or daughter nuclides because they are generated by cosmic rays and as remaining nuclides left over from radioactive decay products of the radioactive primordials; v) 901 radioactive synthetic nuclides with half-lives of more than one hour and short-lived natural isotopes, including the most useful radiotracers (also known as radioactive tracers or radioactive labels); and vi) 3,300 well-characterized radioactive synthetic nuclides with half-lives of less than an hour.

In relation to the origin of the elements of the periodic table, the Big Bang theory describes the origin and early development of the universe. It states that there was an initial expansion of energy from a singularity. The subsequent expansion caused the early universe to cool, allowing the condensation of energy into matter. Thus, subatomic particles were formed, including protons, neutrons (which combined to form the first atomic nuclei a few minutes after the Big Bang) and electrons (which, after thousands of years, eventually combined with the nuclei to create electrically-neutral atoms). This way, the first hydrogen atoms were generated (together with trace amounts of other

elements like helium and lithium), producing Giant Molecular Clouds (GMC) made of such primordial elements. The GMC coalesced by gravitation in some areas, forming smaller and denser clumps, eventually collapsing to form stars.

The modern variant of the nebular hypothesis, known as the Solar Nebular Disk Model (SNDM) or Solar Nebular Model (SNM), is generally accepted as the model explaining the formation and evolution of the Solar System and other star systems in the universe. Thus, after the gravitational collapse of the GMC, fusion nuclear reactions are ignited due to the high temperature and pressure inside the forming star, generating one atom of helium from each two fusing atoms of hydrogen, further liberating the mass difference as huge amounts of electromagnetic radiation (including the visible light), after the famous Einstein's formula that links the energy with the matter and the speed of the light ($E = m \cdot c^2$). During the life of the star, other heavier elements are also formed. If the star is large enough, it will eventually collapse due to the gravitation, generating a black hole. But if the star has a lower mass, it will eventually explode as a supernova, further synthesizing more heavier elements, being eventually dispersed across the surrounding space, generating a new cloud of matter (now containing also the heavier elements previously formed in the star) that may eventually form planets on different star systems. Indeed, gaseous protoplanetary disks including such cloud matter may be produced around the young stars, and may eventually become planets, which, as in the case of the planet Earth, may generate life (Fig. 2).

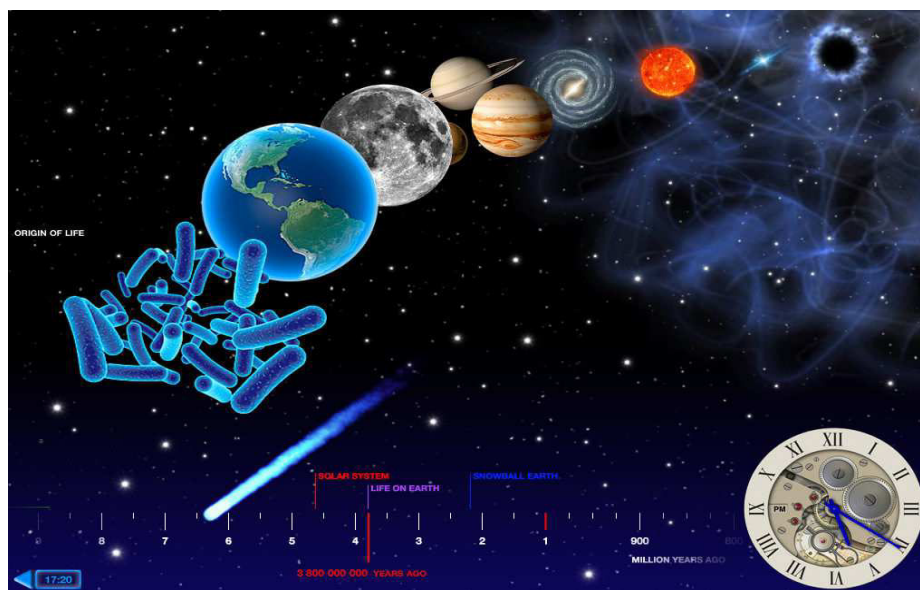


Fig. 2. Evolution of the universe. From the Big Bang to the life on the planet Earth. Figure credit: Back in Time for iPad. © 2011 Landka <<http://landka.com/backintime>>.

Isotope identification, quantification and application

The radioactive isotopes can be analyzed by Gamma-Ray Spectrometry (GRS). Such nuclides, as well as the stable isotopes can be quantified using Mass Spectrometry (MS), which is based on the measurement of the mass-to-charge ratio (m/z) of charged particles. This way, the isotopic composition of the elements present in a sample can be determined using Isotope-Ratio Mass Spectrometry (IR-MS). In short, the samples are injected, vaporized and electrically charged (ionized). Then, the ions are collected and

accelerated (with the aid of magnets) into a detector, determining their m/z ratios. As an example, the Flowing Afterglow Mass spectrometry (FA-MS) can be used to determine the deuterium content of water.

To separate rare isotopes from an abundant neighboring mass, the ions are accelerated to extraordinarily high-kinetic energies before the mass analysis by means of Accelerator Mass Spectrometry (AMS), achieving sensitivities (known as “abundance sensitivity”) three orders of magnitude higher than previous methodologies for radioisotope decay counting. This outperforms the alternative methodologies of isotope decay counting when their half-lives are long enough.

The isotopes have a wide range of applications, including: i) radiotracers for metabolism studies (anabolism and catabolism). Indeed, the metabolic reactions and networks have been deciphered that way (fermentations, photosynthesis, Krebs cycle, etc); ii) radiotracers in biomedicine to reveal and diagnose physiological conditions (health and disease) in cells, tissues, organs and complete organisms; iii) radioactive drugs for cancer treatment, by means of radiotherapy; iv) substrate dating in geology (eg., geochemistry, paleoclimatology and paleoceanography); thus, naturally-occurring and long-lived radio-isotopes such as the ^{10}Be , ^{26}Al , ^{36}Cl and ^{14}C are used for Surface-Exposure Dating (SED) in geology and the ^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , and ^{129}I are used as hydrological tracers; v) traceability of the nuclear-reaction debris (“hot particles”); thus, the isotopic signatures of $^{152}\text{Eu}/^{155}\text{Eu}$, $^{154}\text{Eu}/^{155}\text{Eu}$, and $^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ are different for fission and fusion nuclear reactions, which may also show distinctive ratios for $^{60}\text{Co}/^{59}\text{Co}$, $^{125}\text{Sb}/^{121}\text{Sb}$, $^{144}\text{Ce}/^{133}\text{Ce}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ and $^{133}\text{Xe}/^{131\text{m}}\text{Xe}$, among others (as in the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents), whereas underwater bursts will be mostly made of irradiated sea salts; and vi) tools for dating archaeological samples, including the remains of living organisms (microorganisms, plants and animals) and their contexts.

Isotopes in archaeology

Different isotopes can be used in archaeological studies, depending on the specific application (Knudson and Stojanowski 2008; Lee-Thorp 2008). Although the isotopes of a particular element have identical chemical properties, they may show a differential distribution (fractionation) due to their different masses. Thus, they can be differentially used by the cellular enzymes involved in the metabolism of the living organisms, reflecting also their percentages in the nature. Therefore, the isotope analyses allow the identification of the isotopic signatures (also known as isotopic fingerprints), which are usually calculated as the Isotope Ratios (IR) of stable or unstable isotopes of particular elements of the periodic table in a specific material. Thus, the Stable Isotope Analysis (SIA) and the Radioactive Isotope Analysis (RIA) can be used to determine the isotopic signature by means of the IR, which allows to calculate the distribution of different isotopes in a sample.

This way, it is possible not only to determine the ages of the samples, but also to infer diets (paleodiets), trophic levels, weather patterns, mobility of individuals and populations, etc. Indeed, the AMS technology is so powerful that it can tell apart, for instance, stable ^{14}N from radiocarbon ^{14}C (effectively separating atomic isobars), and that from stable ^{12}C . As a consequence, the AMS is usually applied for ^{14}C radiocarbon dating. Albeit, significantly large samples are required for decay counting, due to the

long ^{14}C half-life. The most used isotopes in archaeology are described next, including carbon, nitrogen, oxygen, hydrogen, sulfur, strontium, calcium, lead, selenium, zinc, potassium and aluminum.

A. Carbon isotopes

The carbon element population in the nature is made of two stable isotopes (^{12}C , ^{13}C) and a radioactive one (^{14}C). They show a natural abundance of 98'89, 1'11 and 0'00000000010%, respectively. The latter are constantly generated by neutron bombardment of the nitrogen atoms in the upper atmosphere. Then, they are oxidized by the atmospheric oxygen, producing carbon dioxide (CO_2), which is fixed into organic matter by the photosynthetic organisms, and is subsequently distributed across the trophic pyramid. The ^{14}C is a beta-emitter with a half-life of 5,730 years. As any other radionuclide, the ^{14}C starts decaying immediately after being formed. It is constantly replenished in the living organisms, but stops being further furnished after their death. Therefore, the percentage of the ^{14}C isotope present in a sample can be used to determine its age and origin up to about 50,000 years. Such radioisotope is below detectable limits in much older material, as is the case of fossil fuels like the coal or petroleum, as well as the products artificially made from them.

The isotopes are quantified using a standard as a reference value. In the case of the carbon, such standard was originally the CO_2 obtained from the Pee Dee Belemnites at the Pee Dee Formation (Cretaceous) of South Carolina (USA), known as PDB standard. Currently, calibrated CO_2 from other sources is being used as standard. The carbon isotope ratio is calculated as a delta notation in parts per thousand (per mil; ‰):

$$^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ ratio} = \delta^{13/12}\text{C} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

where the standard is the PDB value (0.0112372‰). Thus, samples with higher or lower $\delta^{13}\text{C}$ values than the PDB standard have positive or negative $\delta^{13}\text{C}$ values, respectively, being zero for ratios equal to the PDB standard.

The carbon found in inorganic carbonates exhibits little isotopic fractionation, whereas the organic products generated via the photosynthesis are depleted of the heavier isotopes. Besides, there are three types of plants in relation to their photosynthetic carbon-fixation pathways: i) the C3 photosynthesis (eg., rice, wheat, barley, soybean, potato and trees) has a single CO_2 -fixation step, generating a three-carbon molecule; ii) the Crassulacean Acid Metabolism (CAM; eg., pineapple, some orchids and cacti) photosynthesis has two CO_2 -fixation steps: the first one fixes atmospheric CO_2 into malic acid at night (which is stored in vacuoles), and the second one breaks down such product at day to generate CO_2 for the photosynthesis; and iii) the C4 photosynthesis (eg., maize, sugar cane, millet and sorghum) has also two CO_2 -fixation steps: the first one fixes atmospheric CO_2 into a four-carbon molecule (malic acid; which is moved to bundle-sheath cells on the leaf interior), and the second one breaks down such product in such cells to generate CO_2 for the photosynthesis.

The C3 plants arose during the early Paleozoic era (550 million years ago) with the land plants, and are the dominant ones (~95% of the plant biomass and ~90% of the known plant species on the plant Earth, accounting for ~70% of the terrestrial carbon fixation), yet, they lose by transpiration about 97% of the water that they absorb from the soil, and

therefore are not adapted to hot and dry climates that the Earth has experienced along its evolution.

Thus, some C3 plants evolved in the Paleocene epoch (about 65 millions years ago) into CAM plants (less than 1% of the plant biomass and ~7% of the known plant species, accounting for less than 1% of the terrestrial carbon fixation) in areas with drought, high temperatures and nitrogen or CO₂ limitation (CAM may lose only 35 to 20% of water as compared to C3 or C4 (see below), respectively, for a given degree of stomatal opening). No wonder that most of CAM plants are epiphytes or succulent xerophytes, for which the water savings are of paramount importance for survival.

Some C3 plants also evolved into C4 plants in at least 40 independent events (convergent evolution), involving different plant families. The C4 plants arose in the Oligocene epoch (25 to 32 million years ago) and became ecologically significant in the Miocene Period (6 to 7 million years ago). (~5% of the plant biomass and ~3% of the known plant species, yet accounting for ~30% of the terrestrial carbon fixation). The current C4 plants are concentrated at latitudes below 45° (tropics and subtropics), where they are more efficient than C3 plants. This is due to the fact that the high temperatures significantly increase the oxygenase activity of the Ribulose-1,5-Bisphosphate Carboxylase Oxygenase (RuBisCO) and thus the photorespiration levels of the C3 plants in comparison to the C4 ones, rendering the former less competitive than the latter in such areas (Osborne and Beerling 2006).

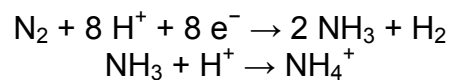
Interestingly, the physiological and metabolic differences also generate different $\delta^{13}\text{C}$ values: i) more pronounced isotope-separation effect in C3 (-24 to -33‰); less-depleted ¹³C isotope in CAM (-10 to -20‰) and even less-depleted ¹³C isotope in C4 (-10 to -16‰). Likewise, the freshwater fish contain lower $\delta^{13}\text{C}$ ratios (similar to the C3 plants) than in the marine fish (similar to the C4 plants). Since such ratios are propagated through the food chain, it is possible to make inferences in relation to the diet, the trophic level and the subsistence of different organisms (Brown and Brown, 2011; Szpak et al, 2013). For instance, it is possible to ascertain the main plant or fish diet of the humans or other animals analyzing the $\delta^{13}\text{C}$ ratio of their bodies or remains like flesh, bone and dentine collagen. Obviously, it is not possible to determine with such methodology if the principal diet was corn or, say, corn-fed beef. There are also plants capable of switching between different methods of carbon fixation. For instance, the dwarf jade plant (*Portulacaria afra*) normally uses the C3 pathway, yet can use CAM if it is drought-stressed. Likewise, the purslane (*Portulaca oleracea*) normally uses the C4 photosynthesis, but can switch to CAM when drought-stressed.

On the other hand, the ratio ¹³C/¹²C is used in geochemistry, paleoclimatology and paleoceanography to analyze methane sources and sinks, since they have different affinity for such isotopes. Likewise, the calcite is the most stable polymorph mineral of calcium carbonate (CaCO₃), besides aragonite and vaterite, which are less stable. The calcite or of salt domes is produced from the CO₂ after petroleum oxidation, being therefore ¹³C-depleted due to its photosynthetic origin, whereas the limestones (sedimentary rock largely made of calcite and aragonite) formed in seas and oceans from the atmospheric carbon dioxide precipitation contain normal proportions of ¹³C. Interestingly, many limestones contain skeletal fragments or shells of dead marine organisms, such as mollusks, corals or foraminifers.

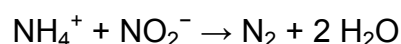
B. Nitrogen isotopes

The nitrogen element has two stable isotopes (^{14}N and ^{15}N), with a natural abundance of 99'63 and 0'37, respectively. Most plants absorb nitrate anions (NO_3^-) or ammonium cations (NH_4^+) from the soil, which can be used to synthesize biomolecules like amino acids (peptides), nitrogenous bases (nucleic acids) and chlorophylls. Some plants contain rhizobia bacteria inside root nodules. This is typical of the legumes (alfalfa, clover, peas, beans, lentils, lupins, mesquite, carob, soybeans, peanuts, etc) and also a few non-legumes.

Such bacteria are capable of fixing atmospheric nitrogen (N_2) into ammonia (NH_3), which then is protonated into ammonium cation (NH_4^+), which can be used by the plants:



A few (carnivorous) plants obtain nitrogen capturing animals, which, and thus obtain their nitrogen-containing biomolecules from other organisms, like the heterotroph organisms do (eg., fungi and animals). When the organisms die or release waste, the organic molecules are metabolized by the soil bacteria (and some fungi), becoming ammonium (ammonification or mineralization). Additionally, the nitrification takes place in two steps. In short, the ammonia is oxidized by some bacterial species like the ones of the genus *Nitrosomonas* into nitrites (which in high concentrations are toxic to the plants). Then, other bacterial species like the ones of the genus *Nitrobacter* further oxidize the nitrites into nitrates, which can be used for the plants. The nitrates can be also reduced back into nitrogen gas in anaerobic conditions by bacterial species like *Pseudomonas* and *Clostridium* (denitrification). Besides, the nitrite and ammonium can be directly converted in anaerobic conditions into molecular nitrogen, mostly in the oceans, by the bacterial phylum Planctomycetes. Such a process is known as Anaerobic ammonium oxidation (Anammox), representing about 50% of the N_2 produced by the oceans, thus closing the nitrogen cycle in the nature:



As with the carbon isotopes, the $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ratio present in the different organisms also depends on their metabolisms or the previous metabolisms of their food:

$$^{15}\text{N}/^{14}\text{N} \text{ ratio} = \delta^{15/14}\text{N} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{sample}}}{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

This is an invaluable tool for archaeologists, since the remains like the hairs, teeth and bones can be used to determine ancient diets. Thus, the nitrogen isotope signature of the animals that feed from plants (herbivorous) is typically different from the ones that feed from other animals (carnivorous), with omnivorous showing variable intermediate profiles, depending on their actual diets, which may also depend on the time of the year. The terrestrial- and marine-based diets generate also different nitrogen isotope ratios, offering the possibility to study the ancient cultural attitudes towards different food sources. Besides, such ratio may increase 3 to 4‰ with each link upwards on the food chain. Thus, the herbivorous tissues (including the ones from vegans) usually have significantly less ^{15}N than the carnivorous ones. Indeed, the terrestrial plants (except the

legumes) have nitrogen isotopic ratios of 2 to 6‰. This way, it has been found that the Neanderthals (*Homo sapiens neanderthalensis*) were mostly predators of large terrestrial herbivores, whereas the modern humans (*Homo sapiens sapiens*) had a varied diet, as shown by their wider range of nitrogen isotopic values, also indicating the consumption of aquatic (marine and freshwater) resources (Richards and Trinkaus 2009; Brown and Brown, 2011; Szpak et al, 2013).

C. Oxygen isotopes

There are three oxygen isotopes (^{16}O , ^{17}O and ^{18}O), with a natural abundance of 99'76, 0'04 and 0'21%, respectively. Thus, the following isotopic ratio is generally used:

$$^{18}\text{O}/^{16}\text{O} \text{ ratio} = \delta^{18/16}\text{O} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{sample}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

The water from different origins (eg., atmospheric vapor, seas and oceans, ice poles, and meteoric water) typically shows different oxygen isotopic profiles. On the other hand, the oxygen isotopic signature of the atmosphere depends on several factors, including climatic ones like the temperature (determining the evaporation and the precipitation profiles) and the isotopic exchange rates. Thus, the oxygen isotopes present in the water show a differential evaporation, depending on their mass. Indeed, the oxygen isotopic profile of the rainwater is correlated to different factors, like latitude, altitude and distance from the seas and oceans. On the other hand, the vapor-pressure of the water decreases with the concentration of dissolved salts. There is also a differential precipitation depending on the condensation temperature and the amount of vapor already condensed into precipitation. Interestingly, the different oxygen isotopes are incorporated into the carbonate minerals, including the calcium carbonate of the skeletons of the organisms. Therefore, the oxygen isotopic signature can be used as a valuable record of paleohydrologic and paleoclimatic information for archaeological studies (eg., evaporation, temperature and salinity of the water, etc), as well as mobility of species (Brown and Brown, 2011).

D. Hydrogen isotopes

The hydrogen element is made of three isotopes, including two stable (^1H or protium and ^2H , deuterium or D) and one radioactive (^3H , tritium or T) of both cosmogenic and anthropogenic origin. The natural abundance of ^1H : ^2H is 99'985:0'015%. Thus, the ratio of stable hydrogen isotopes is expressed as:

$$^2\text{H}/^1\text{H} \text{ ratio} = \delta^{2/1}\text{H} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^2\text{H}/^1\text{H})_{\text{sample}}}{(^2\text{H}/^1\text{H})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

The hydrogen and oxygen of the water are strongly associated ($r^2 \geq 0'95$) and therefore, they are usually analyzed together, for instance, for dating probes of ancient ice in the Artic Ocean or in the Antarctica. Additionally, since most clouds are generated from the evaporation of low-latitude oceans, their precipitation is enriched in ^2H and ^{18}O , becoming lighter as the rain continues, which is usually associated with cloud movement across the continents. Due to these isotopic discriminations during the evaporation and condensation phase changes of the water, and the fact that such variations are transferred to the organism tissues via their diet (including the drinking water), the isotopic profiles can be exploited to discover animal migrations, since they

are related to latitude and altitude, as well as the distance from the sea or ocean, the season and the pluviocity (Crawford et al. 2008; Lee-Thorp 2008).

Furthermore, the hydrogen isotopic signatures of the bone collagen from humans and other animals have been used for paleodietary and paleoenvironmental reconstructions. Thus, the data obtained from ancient material shows species-specific isotopic ratios, increasing in steps of 10 to 30‰ from herbivores to omnivores (excluding humans) and from them to humans, demonstrating that the latter were mainly carnivorous at the time (Lee-Thorp 2008; Reynard and Hedges 2008; Arnay-De-La-Rosa et al. 2010).

On the other hand, since the half life of ^3H is 12'43 years (decaying to ^3He), it can be used to date material with less than 100 years.

E. Sulfur isotopes

The sulfur element (or sulphur) has 16 isotopes, including four stable ones: ^{32}S , ^{33}S , ^{34}S and ^{36}S , with a natural abundance of 95'02, 0'75, 4'21 and 0'02%, respectively. The ratio of the most abundant sulfur stable isotopes in the nature is:

$$^{34}\text{S}/^{32}\text{S} \text{ ratio} = \delta^{34/32}\text{S} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{\text{sample}}}{(^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

The sulfur is present in the lithosphere (mostly metamorphic and sedimentary rocks, with little contributions from the igneous ones), being eventually transported to the rivers, lakes, seas and oceans (the largest sulfur sink) by means of the eroding agents. The water splashes supply sulfate to the atmosphere, which eventually returns by precipitation. Besides the modern anthropogenic activities, the volcanoes also contribute to the atmospheric sulfur.

The sulfur isotopic profiles can be used to trace their natural and anthropogenic sources in hydrology related to agricultural practices, for instance. On the other hand, the organically-bound sulfur present in fossil fuels can be used to determine the age of the source rocks and the one on Precambrian rocks can be used to ascertain the origin of the life and its evolution. The sulfur isotopic profile have been also used for paleodiet studies.

F. Strontium isotopes

The strontium element has four stable isotopes: ^{84}Sr , ^{86}Sr , ^{87}Sr and ^{88}Sr , with a natural abundance of 0'56, 9'86, 7'00 and 82'58%, respectively. The ^{87}Sr is radiogenic, being generated by the of ^{87}Rb decay. The Sr isotopic signature most used is:

$$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \text{ ratio} = \delta^{87/86}\text{Sr} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{sample}}}{(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

The Sr profiles usually correspond to the ones of the original source, since such element does not fractionate in general, and in any case the $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio is constant, being therefore an excellent internal standard. Interestingly, the Sr can replace the Ca in the mineral lattices and in the plants and animal cellular structures. Thus, the Sr isotopic profiles can be used for hydrological studies, to trace the Ca sources and cycling in terrestrial and oceanic ecosystems. It is also useful to determine the pathways and availability of nutrients in ecosystems. As an example, the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios in tooth are

correlated to the ones in the area where they were formed during childhood. Therefore, this isotope represents an excellent tool to determine the mobility of animals, including humans. In fact, the strontium isotope profiles have been applied to determine kinship, specially when coupled with studies of ancient DNA (aDNA) (Dorado et al, 2007-2011), revealing exogamy with patrilocal marriages, in which the women moved from one area to another (Brown and Brown, 2011).

G. Calcium isotopes

The calcium element has 24 isotopes (^{34}Ca to ^{57}Ca), including five stable (^{40}Ca , ^{42}Ca , ^{43}Ca , ^{44}Ca and ^{46}Ca). The ^{48}Ca is radioactive, albeit with a half-life so long (4.3×10^{19} years), that it can be considered stable from a practical point of view. Their abundance in nature is 96'941, 0'647, 0'135, 2'086, 0'004 and 0'187%, respectively.

The following Ca isotopic signature is generally used in archaeology:

$$^{44}\text{Ca}/^{42}\text{Ca} \text{ ratio} = \delta^{44/42}\text{Ca} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^{44}\text{Ca}/^{42}\text{Ca})_{\text{sample}}}{(^{44}\text{Ca}/^{42}\text{Ca})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

This isotopic profile is useful for paleodiet studies (Brown and Brown, 2011).

H. Lead isotopes

The lead element is made of four stable isotopes (^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb and ^{208}Pb). The later three are radiogenic, being generated through the decay of uranium and thorium. Their natural abundance is 1'4, 24'1, 22'1 and 52'4%, respectively. One of the Pb isotopic signatures used is:

$$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \text{ ratio} = \delta^{207/206}\text{Pb} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_{\text{sample}}}{(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

The Pb isotopic profiles can be used to trace the environmental pollution by such metal and to trace the ores used in artifacts in archaeological studies, as well as to determine individual and population mobilities, being incorporated as environmental contaminants into bones and teeth (Brown and Brown, 2011).

I. Selenium isotopes

The selenium element has six stable isotopes (^{74}Se , ^{76}Se , ^{77}Se , ^{78}Se , ^{80}Se and ^{82}Se), with natural abundances of 0'89, 9'37, 7'63, 23'77, 49'61 and 8'73, respectively. One of the isotope ratios used is:

$$^{82}\text{Se}/^{76}\text{Se} \text{ ratio} = \delta^{82/76}\text{Se} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^{82}\text{Se}/^{76}\text{Se})_{\text{sample}}}{(^{82}\text{Se}/^{76}\text{Se})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

The Se isotope transformation may occur through the changes in the redox state, making them useful tracers of redox processes in the ecosystems (Mitchell et al. 2012). They can be also used to reconstruct paleodiets, in a similar way than zinc isotopes.

J. Zinc isotopes

The zinc element has five stable isotopes (^{64}Zn , ^{66}Zn , ^{67}Zn , ^{68}Zn and ^{70}Zn), with natural abundances of 48'63, 27'90, 4'10, 18'75 and 0'62%, respectively. One of the Zn isotope ratios used is:

$$^{66}\text{Zn}/^{64}\text{Zn} \text{ ratio} = \delta^{66/64}\text{Zn} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^{66}\text{Zn}/^{64}\text{Zn})_{\text{sample}}}{(^{66}\text{Zn}/^{64}\text{Zn})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

The Zn isotopic signatures can be used for dietary, biological and environmental studies, being a valuable biogeochemical tracer (Cloquet et al. 2008), as indicated for the Se stable isotopes.

K. Potassium isotopes

The potassium element has two stable isotopes (^{39}K and ^{41}K) and a radioactive one (^{40}K) with natural abundances of 93'3, 6'7 and 0'01%, respectively.

The isotopic ratio most used is:

$$^{40}\text{K}/^{39}\text{K} \text{ ratio} = \delta^{40/39}\text{K} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^{40}\text{K}/^{39}\text{K})_{\text{sample}}}{(^{40}\text{K}/^{39}\text{K})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

The K isotopic signature is used for geological dating, weathering and trophic studies

L. Aluminium isotopes

The aluminium element has one stable isotope (^{27}Al) and a one radioactive one (^{26}Al) with natural abundances of almost 100% and trace amounts, respectively. The isotopic ratio of Al is:

$$^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al} \text{ ratio} = \delta^{26/27}\text{Al} \text{ isotopic signature (‰)} = \left\{ \left[\frac{(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_{\text{sample}}}{(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_{\text{standard}}} \right] - 1 \right\} \times 10^3$$

The Al isotopic signature is used to study the surface-exposure ages and the erosion rates.

Concluding remarks

The nature is made of chemical elements that exist as populations of isotopes that may be stable and radioactive. Such isotopes may be present at different proportions in the nature, and additionally, they may undergo inorganic or organic fractionation. Since there is technology to quantify such isotopes, it is therefore possible to determine the age of inorganic and organic material, as well as to infer paleodata related to diet, mobility and climate in paleoecological contexts.

Acknowledgements. Supported by “Ministerio de Economía y Competitividad” (AGL2010-17316); “Consejería de Agricultura y Pesca” of “Junta de Andalucía” (041/C/2007, 75/C/2009 and 56/C/2010); “Grupo PAI” (AGR-248); and “Universidad de Córdoba” (“Ayuda a Grupos”), Spain.

References

- Arnay-De-La-Rosa M, Gonzalez-Reimers E, Yanes Y, Velasco-Vazquez J, Romanek CS, Noakes JE. 2010. Paleodietary analysis of the prehistoric population of the Canary Islands inferred from stable isotopes (carbon, nitrogen and hydrogen) in bone collagen. *J Archaeol Sci* 37(7): 1490-1501.
- Brown TA, Brown K. 2011. Biomolecular archaeology: an introduction. Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex ; Malden, MA.

- Cloquet C, Carignan J, Lehmann MF, Vanhaecke F. 2008. Variation in the isotopic composition of zinc in the natural environment and the use of zinc isotopes in biogeosciences: a review (vol 390, pg 451, 2008). *Anal Bioanal Chem* 392(1-2): 319-319.
- Crawford K, McDonald RA, Bearhop S. 2008. Applications of stable isotope techniques to the ecology of mammals. *Mammal Rev* 38(1): 87-107.
- Dorado G, Rey I, Rosales TE, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Jiménez I, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF. 2009. Ancient DNA to decipher the domestication of dog (REVIEW). *Archaeobios* 3: 127-132.
- Dorado G, Rey I, Rosales TE, Sánchez-Cañete FJS, Luque F, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Hernández P, Vásquez VF. 2010. Biological mass extinctions on planet Earth (REVIEW). *Archaeobios* 4: 53-64.
- Dorado G, Rosales TE, Luque F, Sánchez-Cañete FJS, Rey I, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Vásquez VF, Hernández P. 2011. Ancient nucleic acids from maize - A review. *Archaeobios* 5: 21-28.
- Dorado G, Vásquez V, Rey I, Luque F, Jiménez I, Morales A, Gálvez M, Sáiz J, Sánchez A, Hernández P. 2008. Sequencing ancient and modern genomes (REVIEW). *Archaeobios* 2: 75-80.
- Dorado G, Vásquez V, Rey I, Vega JL. 2007. Archaeology meets Molecular Biology (REVIEW). *Archaeobios* 1: 1-2.
- Knudson KJ, Stojanowski CM. 2008. New directions in bioarchaeology: Recent contributions to the study of human social identities. *J Archaeol Res* 16(4): 397-432.
- Lee-Thorp JA. 2008. On Isotopes and Old Bones. *Archaeometry* 50: 925-950.
- Mitchell K, Mason PRD, Van Cappellen P, Johnson TM, Gill BC, Owens JD, Diaz J, Ingall ED, Reichart GJ, Lyons TW. 2012. Selenium as paleo-oceanographic proxy: A first assessment. *Geochim Cosmochim Acta* 89: 302-317.
- Osborne CP, Beerling DJ. 2006. Nature's green revolution: the remarkable evolutionary rise of C4 plants. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 361(1465): 173-194.
- Reynard LM, Hedges REM. 2008. Stable hydrogen isotopes of bone collagen in palaeodietary and palaeoenvironmental reconstruction. *J Archaeol Sci* 35(7): 1934-1942.
- Richards MP, Trinkaus E. 2009. Out of Africa: modern human origins special feature: isotopic evidence for the diets of European Neanderthals and early modern humans. *Proc Natl Acad Sci U S A* 106(38): 16034-16039.
- Szpak P, White CD, Longstaffe FJ, Millaire J-F, Vásquez-Sánchez VF. 2013. Carbon and nitrogen isotopic survey of northern Peruvian plants: baselines for paleodietary and paleoecological studies. *PLoS ONE* 8(1): e53763. doi:10.1371/journal.pone.0053763 (in press).

FOTOGALERÍA DE BIOARQUEOLOGÍA

Evidencias zooarqueológicas y escultóricas de pesca oceánica en la costa norte

Víctor F. Vásquez¹; Eisei Tsurumi², Thomas Pozorski³, Shelia Pozorski³,
Teresa Rosales Tham⁴

¹ Biólogo, Centro de Investigaciones Arqueobiológicas y Paleoecológicas Andinas "ARQUEOBIOS", Apartado Postal 595, Trujillo-Perú E-mail: vivasa2401@yahoo.com; ² Museo de Arqueología, Universidad de Tokyo; ³ Department of Sociology and Anthropology University of Texas-Pan American; ⁴ Arqueólogo, Laboratorio de Arqueobiología de la Universidad Nacional de Trujillo.

Presentamos evidencias escultóricas (ceramio del estilo "Cupisnique Tardío") y restos óseos de un pez oceánico (*Trachurus symmetricus murphyi*), en el caso del ceramio asociado al formativo tardío, y los restos del pez oceánico asociados al precerámico tardío.

El ceramio es una botella con gollete, con asa estribo. La forma de su gollete, el pico con borde rodeado por un labio grueso y la asa redonda, es diagnóstico del estilo "Cupisnique Tardío" que corresponde cronológicamente al Horizonte Temprano o Formativo Tardío (aproximadamente 800-500 años a.C).

Entre las piezas de museos y colecciones privadas podemos encontrar varias muestras de esta forma de gollete combinada con las representaciones antropomorfas cuyos ojos presentan figura realista, es decir, la forma de hoja elíptica con punto marcado y pupila representada por una bola aplicada (e.g. Alva 1986: Figs. 347-350) en lugar de representaciones estilizadas como "ojo excéntrico" o "círculo con punto".

La gran mayoría de ellos son piezas saqueadas, sin embargo entre las muestras cerámicas de la Fase Kuntur Wasi del sitio Kuntur Wasi del valle alto de Jequetepeque podemos ver una muestra de rostro humano similar (Inokuchi 1995: Lámina 21-1).

En el ceramio que presentamos, el asa estribo descansa sobre las cabezas de dos hombres quienes reman una embarcación tipo "caballito de totora". La forma de sus peinados o tocados difieren uno del otro, y el personaje de adelante posee orejeras circulares. Ambos personajes tienen una especie de collares o sogas en sus cuellos y taparrabos en sus cinturas. Las líneas incisas en sus rostros pueden ser representaciones de tatuaje. La mejilla derecha del hombre de adelante y la izquierda del individuo que está atrás, exhiben una prominencia (están hinchadas), lo que sugiere que están masticando hojas de coca.

La representación de este ceramio, es una escena de navegación que implicaría que este tipo de actividad tendría una historia más larga de lo que

demuestran las representaciones en la época moche y por lo tanto estaría asociada a actividades de pesca, tal como se comprueba con los peces oceánicos del registro ictioarqueológico que datan desde el precerámico medio hasta el formativo.



Figura Nº 1. Cerámico escultórico del estilo “Cupisnique Tardío”, representando una escena de navegación en una embarcación, tipo “caballito de totora”.

Código de pieza: MCHAP 3097, Museo Chileno de Arte Colombino
<http://www.precolombino.cl/coleccion/botella-asa-estribo-embarcacion-y-tripulantes/>

Los restos óseos de *Trachurus symmetricus murphyi* "jurel" que presentamos, proceden del sitio Huaynuná. El contexto de los especímenes ictioarqueológicos es denominado C3B1-23=63, y es el corte estratigráfico N° 1 del rasgo 23, en el nivel 8, que esta aproximadamente a 40 cm debajo de la superficie. Este corte estaba ubicado al lado oeste del sitio. Los restos están asociados cronológicamente al precerámico tardío, aproximadamente 2200 años a.C.



Figura N° 2.- Huesos: Articulares de *Trachurus symmetricus murphyi*

Es importante resaltar que los restos óseos de este pez, tenían medidas que permitieron conocer que la talla máxima alcanzada por los especímenes antiguos, serían aproximadamente de 150 cm.

Según www.fishbase.org la longitud máxima reportada para esta especie es de 81.0 cm TL, un individuo macho (Eschmeyer et al, 1983); la longitud más común encontrada en esta especie es de 55.0 cm TL de individuo macho (Smith-Vaniz, 1995)); la máxima edad reportada es de 30 años (Fitch, 1956).

Los datos modernos sobre las tallas de *Trachurus symmetricus murphyi* “jurel), nos indican que los restos óseos de esta especie recuperada en Huaynuná, corresponden a especímenes de tallas extraordinarias y con edades de 30 años a mas según Fitch (1956).



Figura Nº 3.- Huesos: Operculares de *Trachurus symmetricus murphyi*

El extraordinario tamaño de los especímenes de “jurel” de Huaynuná, no solo indican una gran riqueza en las pesquerías prehispánicas de este pez, sino también que las actividades de pesca oceánica debieron ser muy avanzadas para esta época, no descartándose que estas actividades se hayan producido con embarcaciones tipo caballito de totora.

La evidencia escultórica demuestra también una larga tradición en el uso de los “caballitos de totora” que ha perdurado hasta la fecha. Resulta lógico asegurar que estas embarcaciones ya habrían estado disponibles desde el precerámico final entre las poblaciones de la costa norte, si tenemos en cuenta las evidencias del registro ictioarqueológico (diversidad de peces oceánicos en varios yacimientos precerámicos y formativos de la costa peruana), y la presencia de *Schoenoplectus californicus* “totora” a lo largo de los pantanos y lagunas de la costa peruana, materia prima de esta embarcación.



Figura Nº 4.- Huesos: Basioccipital de *Trachurus symmetricus murphyi*

Descartamos que la presencia de restos óseos de peces oceánicos se haya producido por eventos tipo “varazones” o El Niño, porque los restos de este pez aparecen reiterativamente en sitios precerámicos tardíos, formativo temprano, medio y tardío de la costa norte del Perú, que para beneficio del presente artículo, tenemos el privilegio de tener los datos a partir de los análisis que hemos realizado en los últimos 20 años.

Referencias Bibliográficas

- Alva W. 1986. *Frühe keramik aus dem Jequetepeque-Tal, Nordperu/ Cerámica temprana en el Valle de Jequetepeque, norte del Perú*. Verlag C.H. Beck, München.
- Eschmeyer, W.N., E.S. Herald and H. Hammann. 1983. A field guide to Pacific coast fishes of North America. Houghton Mifflin Company, Boston, U.S.A. 336 p.
- Fitch, J., 1956. Jack mackerel. CalCOFI Rep. 1955-1956:27-28.
- Inokuchi K. 1995. “La Cerámica de Kuntur Wasi,” en Y. Onuki, eds., *Kuntur Wasi y Cerro Blanco: Dos Sitios del Formativo en el Norte del Perú*. Tokyo: Hakusen-sha, 23-45.
- Smith-Vaniz, W.F. 1995. Carangidae. Jureles, pámpanos, cojinúas, zapateros, cocineros, casabes, macarelas, chicharos, jorobados, medregales, pez pilota. p. 940-986. In W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter and V. Niem (eds.) *Guía FAO para Identificación de Especies para lo Fines de la Pesca. Pacifico Centro-Oriental*. 3 Vols. FAO, Rome

A photograph of a cemetery with rows of tombstones under a cloudy sky. The word "OBITUARIO" is overlaid in large white letters on the left side of the image.

OBITUARIO

DUCCIO BONAVIA**(Spalato, 1935 – Magdalena de Cao, 2012)**César A. Gálvez Mora¹

Duccio Bonavia nació en Spalato, Dalmacia (hoy Croacia). A temprana edad se refugió con su familia en Italia a causa de la segunda guerra mundial. En ese país estudió en el liceo científico. Posteriormente llega al Perú el 28 de julio de 1949 para residir en Lima, ciudad donde estudió en el Colegio Antonio Raimondi y posteriormente ingresaría a la Universidad Nacional de Ingeniería con el objetivo de seguir la carrera de arquitectura. Un problema de salud le obligó a interrumpir los estudios y a residir en la hacienda de Condón (valle de Huarmey), donde tuvo su primer contacto con el mundo prehispánico.

Después ingresó a la Facultad de Letras de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en 1956 donde concluyó sus estudios de arqueología. Es en la década del 50 cuando se formó bajo la tutoría de personalidades como Jorge Muelle, Luis Valcárcel, Raúl Porras Barrenechea, Mons. Pedro Villar Córdova, Edward Lanning y Jean Vellard. Fueron importantes sus vínculos intelectuales con José María Arguedas, Bruno Roselli, Enrique Barboza y el cubano Ernesto Tabío.

Entre 1963 y 1964 Bonavia fue profesor en la Universidad San Cristóbal de Huamanga. En 1964 sería jefe del Departamento de Exploraciones del Museo Nacional de Arqueología y Antropología y catedrático en el departamento de Antropología de la Universidad Nacional mayor de San Marcos. Entre 1967 y 1968 fue becado por el gobierno francés para seguir estudios de post doctorado en el Laboratorio de Geología del Cuaternario y Prehistoria de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Burdeos, bajo la asesoría del científico François Bordes.

En 1968 le fue encargada la Subdirección del Museo Nacional de Arqueología y Antropología, siendo nombrado desde 1969. Al año siguiente laboró como catedrático asociado de la Facultad de Letras de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, y en 1971 como profesor asociado del Departamento de Biología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. En 1972 fue Director Técnico de Conservación del Patrimonio Monumental del –entonces- Instituto Nacional de Cultura, y en 1976, se desempeñó como profesor principal a dedicación exclusiva en la Universidad Peruana Cayetano Heredia, donde se jubiló en el 2005 como profesor extraordinario e investigador.

¹ Miembro académico del Centro de Investigaciones Precolombinas (Argentina); socio correspondiente del Instituto de Estudios Andinos (EE. UU.)

Movido por su indeclinable vocación científica, entre el 2008 y el 2011 realizó investigaciones en el sitio de Huaca Prieta (en el valle de Chicama, al norte del Perú) asociado al reconocido andinista Tom D. Dillehay. Precisamente, en este pueblo ancestral Duccio Bonavia falleció inesperadamente el 4 de agosto del presente año, mientras participaba con Dillehay en la redacción de un libro sobre las investigaciones realizadas en el mencionado sitio arqueológico. Dos días antes, me había reunido con él, Dillehay y Patricia Netherly en Magdalena de Cao y luego en la margen izquierda del valle de Chicama.

Como es conocido, Duccio Bonavia tiene una vasta producción científica, entre libros, monografías, artículos y reseñas bibliográficas. Debo destacar sus *libros* *El maíz: su origen, su domesticación y el rol que ha cumplido en el desarrollo de la cultura* (2008); *El arte rupestre del antiguo Perú* (1999, con Jean Guffroy); *Los camélidos sudamericanos: una introducción a su estudio* (1996); *Enseñanza de la arqueología en el Perú* (1992, con Ramiro Matos); *Perú: hombre e historia. I: De los orígenes al siglo XV* (1991); *Los Gavilanes. Precerámico peruano: mar, desierto y oasis en la historia del hombre* (1982).

Asimismo, él tuvo un vínculo académico y afectivo especial con la Universidad Nacional de Trujillo, institución a la cual donó su biblioteca personal; además, la colección de muestras botánicas procedentes de sus excavaciones en Los Gavilanes se conserva en el reconocido Laboratorio de Bioarqueología de la Facultad de Ciencias Sociales. A su vez, una importante publicación referida a Bonavia fue realizada por el Museo de Arqueología, Antropología e Historia de la indicada universidad.

También Bonavia formó parte de otras instituciones académicas del Perú y el extranjero; fue miembro fundador de Fomciencias, miembro de la Comisión Técnica Calificadora de Proyectos Arqueológicos, asesor de la Fundación Ford para la Conservación del Patrimonio Cultural, miembro de número de la Academia Nacional de Historia, miembro del Consejo de la Société des Americanistes de Paris, miembro de la Sección Nacional-Perú del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Comité de Arqueología; así como miembro de la Academia de Historia Argentina.

Como muestra de la admiración académica a su contribución científica y a sus cualidades humanas, el 31 de octubre del 2012 recibió un merecido homenaje del Centro de Investigaciones Precolombinas de la República Argentina (CIP), en el marco del VII Coloquio Binacional Argentino-Peruano, organizado por el CIP, la Dirección Regional de Cultura-La Libertad (Ministerio de Cultura), el Instituto Superior del Profesorado Dr. Joaquín V. González (Argentina), la Dirección General de Patrimonio e Instituto Histórico (Argentina) y la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. En el auditorio de la Casa del Virrey Liniers –sede del evento académico- tuve el honor de comentar su biografía y obra ante investigadores de Argentina, Brasil, Cuba y Uruguay.

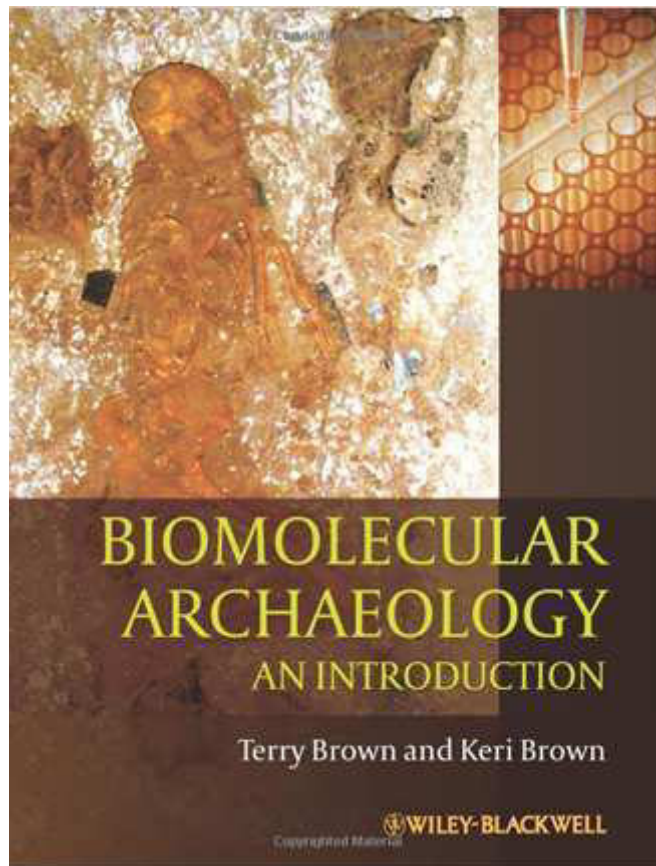
En suma, Duccio Bonavia es uno de los arqueólogos más importantes y destacados en el Perú, que ha desarrollado una investigación y producción polifacética en los campos de la arqueología, antropología, medicina, etnobotánica. Aún más, fue un hombre honesto, riguroso en la adhesión al dato empírico como sustento de sus argumentos científicos, y un académico ejemplar en el desarrollo del debate basado en el dato arqueológico. Finalmente, fue un ser humano generoso con su información y un maestro riguroso con aquellos que en una etapa de nuestra vida tuvimos el honor de estar bajo su tutoría.



LIBROS PUBLICADOS

LIBROS PUBLICADOS

A continuación presentamos algunos libros y revistas que son de interés para aquellos investigadores de la Bioarqueología. Los libros son obras muy recomendables para aquellos que tienen interés particular en cada tema.



El libro presenta una introducción adecuada hacia la arqueología biomolecular, está dirigido para estudiantes, bioarqueólogos, paleontólogos, y arqueólogos quienes están interesados en investigaciones interdisciplinarias donde se realizan análisis de biomoléculas. Uno de los capítulos del libro aborda de manera didáctica y adecuada, el tema de los isótopos estables desde la perspectiva de la arqueología. El libro se puede comprar en www.amazon.com



POLÍTICA EDITORIAL

POLÍTICA EDITORIAL

La revista "ARCHAEOBIOS" tiene como meta realizar una publicación anual, en español e inglés y será un medio de difusión masivo donde especialistas nacionales y extranjeros puedan enviar manuscritos producto de sus investigaciones en Bioarqueología. La revista tendrá arbitraje, lo que implica que todos los artículos de investigación, artículos de revisión y notas técnicas remitidos al editor serán revisados por un equipo de expertos que conforman el comité editorial, los cuales después de una evaluación cuidadosa nos permitirá otorgar la aceptación para su publicación en la misma.

SECCIONES:

Los artículos de investigación, artículos de revisión y notas técnicas deben enviarse en soporte informático (CD) al responsable de la edición de la revista, por correo o por correo electrónico (<vivasa2401@yahoo.com>).

1.- Artículos de Investigación:

Los artículos deben ser redactados en español e inglés. No deben exceder de 25 páginas de 3000 caracteres cada una (incluyendo bibliografía, ilustraciones y notas). Los artículos deben estar acompañados del nombre, apellido, función, dirección de la institución y correo electrónico del o de los autores; del resumen del artículo en los dos idiomas, aproximadamente 700 caracteres cada uno; de un máximo de seis palabras claves (descriptores) en los dos idiomas; de la traducción del título a los dos idiomas, y de un contenido con: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones y Referencias Bibliográficas".

2.- Artículos de Revisión:

Un artículo de revisión tiene como finalidad examinar la bibliografía publicada sobre un tema especializado y/o polémico, y situarla en una perspectiva adecuada para que su utilización en las interpretaciones bioarqueológicas sea adecuada. La revisión se puede reconocer como un estudio en sí mismo, en el cual el revisor tiene un interrogante, recoge datos, los analiza y extrae una conclusión.

Estos artículos deben ser redactados en español e inglés. No deben exceder de 25 páginas de 3000 caracteres cada una (incluyendo bibliografía, ilustraciones y notas). Los artículos deben estar acompañados del nombre, apellido, función, dirección de la institución y correo electrónico del o de los autores; del resumen del artículo en los dos idiomas, aproximadamente 700 caracteres cada uno; de un máximo de seis palabras claves (descriptores) en los dos idiomas; de la traducción del título a los dos idiomas, y el contenido del mismo es de formato libre.

3.- Notas Técnicas:

Las notas técnicas deben ser redactadas en español e inglés. No deben de exceder de 4 páginas a espacio simple con 3000 caracteres cada una (incluye la bibliografía e ilustraciones). Deben estar acompañados del nombre, apellido, función, dirección de la institución y correo electrónico del o de los autores. Las notas técnicas deben estar referidas a temas nuevos donde se resalten metodología y tecnologías que se aplican en las investigaciones

bioarqueológicas, o comentarios técnicos sobre algún tema relevante en bioarqueología.

4.- Ilustraciones (mapas, figuras, cuadros, fotos, etc.):

Todas las ilustraciones, numeradas y señaladas en el texto, deben ser entregadas en su forma definitiva, en soporte informático y con la indicación del programa utilizado (mapas y figuras en formato vectorial).

Cada ilustración debe identificarse con un número y acompañarse por: el apellido de su autor, de un título; de las fuentes; de una leyenda explicativa de hasta 150 caracteres.

Las fotos en lo posible deben ser de formato digital, aunque pueden ser escaneadas en alta resolución o entregadas en papel de buena calidad (formato 15 cm x 10 cm). Los mapas, planos, esquemas vienen acompañados de una escala gráfica, de la orientación y de una leyenda.

4.- Referencias Bibliográficas:

La bibliografía debe incluir todas las referencias citadas en el texto y sólo éstas. Las referencias bibliográficas se presentan al final del artículo, en una lista ordenada alfabéticamente. Los títulos de las revistas y los nombres de los organismos se indicarán completos (no están permitidas las siglas). Las referencias se presentarán bajo el formato indicado a continuación:

Referencias para Libros:

Estenssoro JC (2003): Del paganismo a la santidad. La incorporación de los indios del Perú al catolicismo 1532-1750, 586 p.; Lima: Instituto Francés de Estudios Andinos (IFEA) - Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) Fondo Editorial.

Referencias para Artículos en Libros:

Barton H, Fullagar R (2006): Microscopy. In: Ancient Starch Research Edited by Robin Torrence and Huw Barton, Chapter 3, Pp. 47-52.

Referencias para Artículos de Revistas:

Han XZ, Hamaker BR (2002): Location of Starch Granule-associated Proteins Revealed by Confocal Laser Scanning Microscopy. Journal of Cereal Science 35:109–116.

5.- Evaluación:

El manuscrito será evaluado por el comité editorial de la Revista ARCHAEOBIOS. Los informes cuyo responsable puede quedarse en el anonimato, serán enviados a los autores. Si las correcciones solicitadas son de importancia menor, el manuscrito será aceptado para su publicación sin ser enviado de nuevo al evaluador. Si las correcciones son mayores, el manuscrito será mandado nuevamente al evaluador. En caso de una segunda evaluación negativa, el artículo será definitivamente rechazado.

Cualquier manuscrito que no respete estas instrucciones (extensión, ilustraciones no conformes a la calidad requerida por la Revista ARCHAEOBIOS) será devuelto a lo autores para su corrección sin ser evaluada.