

CUADERNOS

del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano - Series Especiales

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 15 de octubre de 2019.

Por medio de la presente, dejamos constancia que el artículo **COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO Y EL NITRÓGENO EN CAMÉLIDOS ARQUEOLÓGICOS DE LA PUNA DE ATACAMA: UNA COMPARACIÓN ENTRE AMBAS VERTIENTES DE LOS ANDES**, de los autores Mondini, M., Grant, J., Panarello, H.O., Samec, C., López, P., Núñez, L., Cartajena, I., ha sido aceptado para su publicación en el próximo número (Volumen 7, No 2, 2019) de Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano. Series Especiales.-----



Dra. Isabel Cruz
Editora Asociada
Cuadernos Series Especiales
INAPL Vol. 7 N° 2 (2019)



3 de Febrero 1378 (1426) Ciudad de Buenos Aires.

cuadernosinapl@gmail.com

COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL CARBONO Y EL NITRÓGENO EN CAMÉLIDOS ARQUEOLÓGICOS DE LA PUNA DE ATACAMA: UNA COMPARACIÓN ENTRE AMBAS VERTIENTES DE LOS ANDES

RESUMEN

En este trabajo se analiza la composición isotópica del carbono y nitrógeno en colágeno de muestras óseas de camélidos arqueológicos distribuidos en zonas áridas de la vertiente Pacífica y Atlántica de la Puna de Atacama. Nuestros objetivos son: (1) analizar los valores isotópicos considerando variables ambientales y trayectorias culturales, (2) evaluar sus implicaciones ecológicas y antropológicas y (3) comparar esta información en ambas vertientes de la Puna desde la perspectiva de las escalas temporales y espaciales amplias. La base de datos comprende 191 muestras. Los especímenes de la cuenca Pacífica (Chile) proceden de Tulán, Puripica y el Salar Punta Negra y abarcan desde el Arcaico Temprano hasta el Formativo Temprano (10.000 AP a 2.400 AP). Las muestras de la cuenca Atlántica (Argentina) provienen de Antofagasta de la Sierra y Susques y proceden de ocupaciones que van desde el Arcaico Temprano hasta el Período Tardío (10.000 a 410 AP). Los especímenes de camélidos muestreados abarcan tanto especies silvestres (*Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna*) como domésticas (*Lama glama*), identificadas a partir de criterios principalmente osteométricos. Los resultados han arrojado valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -20,1‰ y -10,6‰ (media = -17,0‰) y de $\delta^{15}\text{N}$ entre 3,4 ‰ y 14,6 ‰ (media = 7,8‰). Esta variación y los patrones inferidos son interpretados en función de los ejes cronológico y espacial y a la luz de variaciones paleoclimáticas, altitudinales, taxonómicas, tafonómicas y de los cambios en el modo de vida de los grupos humanos en la región.

Palabras clave: Isótopos estables, Colágeno óseo, Camélidos sudamericanos, Puna de Atacama, Atlántico, Pacífico

ABSTRACT

In this paper, we analyze the isotopic composition of carbon and nitrogen measured on bone collagen samples from archaeological camelids from the arid Pacific and Atlantic slopes of the Puna of Atacama. Our aim was: (1) to analyze the isotopic values taking into consideration the environmental variables and cultural trajectories involved; (2) to evaluate the ecological and anthropological implications of this isotopic information; and (3) to compare these data –from a wide temporal and spatial focus– on both slopes of this Andean region. The database included 191 samples. The samples from the Pacific basin come from Tulán, Puripica and Punta Negra Salar in Chile, and range chronologically from the Early Archaic to the Early Formative period (10,000 to 2,400 BP). Those from the Atlantic basin came from Antofagasta de la Sierra and Susques in Argentina, and date to the Early Archaic through to the Late Period (10,000 to 410 BP). These camelid samples are from both wild (*Lama guanicoe* and *Vicugna vicugna*) and domestic species (*Lama glama*). The different species were identified namely using osteometric criteria. The results showed $\delta^{13}\text{C}$ values ranging from -20.1 ‰ to -10.6 ‰ (mean = -17.0‰) and $\delta^{15}\text{N}$ values from 3.4 ‰ to 14.6 ‰ (mean = 7.8‰). Chronological and spatial parameters were used to account for patterns in this variation, while also considering palaeoclimatic, altitudinal, taxonomic, taphonomic, and life-way variations within human groups.

Key Words: Stable isotopes, Bone collagen, South American camelids, Puna de Atacama, Atlantic, Pacific

INTRODUCCIÓN

Las vertientes Atlántica y Pacífica de la Puna de Atacama comparten diversos procesos culturales desde sus primeras ocupaciones. Por lo mismo, y por las características similares de esta región en ambas vertientes, es posible inferir más similitudes que diferencias en la forma en que las antiguas

poblaciones humanas modelaron el paisaje en función de actividades clave como la caza y el pastoreo de camélidos. Para profundizar en estos aspectos, el presente trabajo tiene por interés analizar las relaciones isotópicas del Carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) y el Nitrógeno ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) en una serie de muestras óseas de camélidos (guanacos, vicuñas, llamas y camélidos indeterminados) recuperadas en sitios arqueológicos distribuidos en algunas de las zonas más áridas de la Puna de Atacama y datados a lo largo de todo el Holoceno. Los objetivos son: (1) analizar la variabilidad de la composición isotópica del C y el N en ambas cuencas a partir de una serie de muestras óseas de camélidos arqueológicos; (2) analizar los valores isotópicos a la luz del conocimiento sobre las variables ambientales y las trayectorias culturales involucradas en la región durante los períodos estudiados con la finalidad de evaluar sus implicaciones ecológicas y para el comportamiento humano, y (3) comparar estos datos en ambas vertientes de esta región andina y evaluarlos desde escalas espaciales y temporales amplias. Las muestras de la cuenca Pacífica proceden de las Quebradas de Tulán y Puripica en el Salar de Atacama, junto a escasas muestras del Salar Punta Negra en Chile, abarcando desde el Arcaico Temprano hasta el Formativo Temprano (10.000 a 2.400 años AP) (Figura 1). Por otra parte, las muestras de la cuenca Atlántica provienen de Antofagasta de la Sierra y Susquesen Argentina, y proceden de ocupaciones que van desde el Arcaico Temprano hasta el Período Tardío (10.000 a 410 años AP) (Figura 1). En conjunto, abarcan todas las etapas del Holoceno. La diversidad de ambientes de donde provienen estos especímenes incluye zonas de vegas en quebradas intermedias y oasis para la vertiente Pacífica, y sectores del fondo de cuenca, quebradas intermedias y pajonales de altura para la vertiente Atlántica, en un rango altitudinal de 2.300 msnm a más de 4.000 msnm, por lo que corresponden a ambientes relativamente similares, donde la caza y la crianza de camélidos fueron el eje central de la economía de las sociedades altoandinas.

Insertar Figura 1

ÁREAS DE ESTUDIO

En la vertiente Pacífica, la Prepuna (2.500-3.250 msnm) abarca el borde superior de la zona desértica absoluta y los paisajes altoandinos, y se caracteriza por la presencia de quebradas como Puripica y Tulán que permiten la conexión entre las tierras bajas y la Puna o tierras altas. La Puna de Atacama o Puna Salada (3.250-4.000 msnm) se caracteriza por una meseta cuyo relieve alcanza una altura promedio de 4.000 msnm. La región tiene un carácter endorreico, con formación de grandes lagos, lagunas y salares. Por su parte en la vertiente Atlántica, la Puna corresponde a una altiplanicie ubicada entre 3.000 y 4.500 msnm. Allí, la Puna Salada Meridional es particularmente árida, con una compleja topografía que incluye sierras, salares, valles, quebradas y volcanes,

mientras que la Puna Seca o Septentrional (al norte de esta última) presenta un relieve similar aunque algunas áreas que cuentan con mayor humedad relativa. Tanto en la vertiente occidental como la oriental, el ambiente actual corresponde a un desierto de altura, con un clima frío y árido, intensa radiación solar, gran amplitud térmica y marcada estacionalidad, con precipitaciones estivales escasas e irregulares y una distribución irregular de nutrientes. Fitogeográficamente, la mayor parte de la región pertenece a la Provincia Puneña del Dominio Andino, donde predomina la estepa arbustiva, y también incluye estepa herbácea, halofílica y samofílica. Las plantas de vía fotosintética C_3 son dominantes, aunque también se encuentran plantas C_4 y CAM. Por sobre los 4.000 msnm se encuentra la Provincia Altoandina, donde casi se encuentran plantas C_4 . Los camélidos silvestres de ambas cuencas son la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el guanaco (*Lama guanicoe*), a los que se suma, luego de un largo proceso autóctono de domesticación a ambos lados de la cordillera, la llama (*Lama glama*).

De acuerdo con la información paleoambiental, durante el Holoceno Temprano se dieron condiciones más húmedas que las actuales en la vertiente Pacífica. En términos culturales, el Arcaico Temprano se caracteriza por la existencia de grupos móviles que cazaban principalmente camélidos silvestres. Durante el Holoceno Medio, específicamente con el Altitermal, se produjo una fase extremadamente árida durante la cual casi no se registraron ocupaciones humanas en la región, fenómeno que se ha denominado *Silencio Arqueológico* (Núñez *et al.* 2017). Sólo después de los 5.500 años AP, y especialmente hacia 3.500 AP, se establecen condiciones ambientales similares a las actuales. Durante el Arcaico Tardío, entre 5.300 y 4.000 AP, se da una interacción más intensiva entre humanos y camélidos, a partir de la cual se inicia la domesticación, que se consolida a partir de los 3.100 años AP y va de la mano con una creciente complejidad social.

En la cuenca Atlántica se dio una trayectoria más o menos similar, tanto en términos ambientales como culturales. Durante el Holoceno Temprano se registraron condiciones más húmedas que se ven reemplazadas por condiciones significativamente más áridas e inestables durante el Altitermal, cuando se observa una merma en las ocupaciones. No obstante, las quebradas de altura, caracterizadas como ambientes más resilientes, continúan ocupadas si bien con una movilidad más logística. Más tarde se establecieron condiciones ambientales más estables y húmedas, infiriéndose también una intensificación en las relaciones humano-camélidos y un proceso autóctono de domesticación del guanaco y, hacia 2.400 años AP, la consolidación de prácticas agro-pastoriles complementadas con la caza. Para entonces, la obtención de recursos silvestres habría tenido lugar en el marco de los movimientos trashumantes de los pastores, quienes trasladaban periódicamente a sus rebaños en busca de pasturas ubicadas en las distintas cotas altitudinales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra total corresponde a 191 especímenes óseos de camélidos, 48 de la cuenca del Pacífico y 143 de la del Atlántico, e incluye tanto especies silvestres (guanaco y vicuña) como domésticas (llama). Las muestras de la cuenca Pacífica provienen de ocupaciones en las Quebradas de Tulán y Puripica y del Salar Punta Negra, con cronologías que van aproximadamente desde 10.500 a 2700 años AP, abarcando desde el Arcaico Temprano hasta el Formativo Temprano (Figura 1) (López *et al.* 2017). Los especímenes óseos fueron obtenidos principalmente en vegas de altura y en el oasis en el borde del Salar de Atacama. Las muestras de la cuenca Atlántica provienen de Antofagasta de la Sierra y Susques, y comprenden ocupaciones datadas entre unos 10.500 y 400 años AP, desde el Arcaico Temprano hasta el Período Tardío (Figura 1) (Grant *et al.* 2018; Samec *et al.* 2014, en prensa, y bibliografía allí citada). En Antofagasta de la Sierra se muestrearon sectores del fondo de cuenca a unos 3.200 msnm, sectores intermedios, y quebradas a altura a más de 4.000 msnm, mientras que en Susques se muestrearon quebradas aledañas al pueblo situadas entre los 3.700 y los 4.100 msnm.

Los especímenes de camélidos se identificaron a partir de criterios principalmente osteométricos. En aquellos casos en que la determinación a nivel de especie no fue viable, los restos óseos se identificaron como Camelidae y, de ser posible, por grupo de tamaño grande (guanaco o llama) o pequeño (vicuña). Las muestras seleccionadas fueron analizadas en el Center for Applied Isotope Studies (CAIS) de la University of Georgia y en Beta Analytic para los casos de Chile, y en el Environmental Isotope Laboratory (EILAB) de la Universidad de Waterloo y en el INGEIS de la UBA/CONICET para los casos de Argentina, donde se realizó la extracción y análisis de colágeno. Para evaluar la contaminación o degradación del mismo se utilizaron los criterios usualmente empleados en la bibliografía especializada: un contenido de colágeno >1% y una relaciones atómicas (C:N) entre 2,9 y 3,6 (DeNiro 1985).

RESULTADOS

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los especímenes analizados se concentran mayormente entre -20 y -13‰, mientras que los de $\delta^{15}\text{N}$, entre 3 y 15‰. Los valores que más se alejan de la nube de puntos son tres casos de llamas posteriores a los 1.700 años AP del fondo de cuenca en Antofagasta de la Sierra y un camélido de entre 3.000 y 2.700 años AP de Tulán-54, a 2.900 msnm (Figura 2).

Insertar Figura 2

Respecto de las variables estructurales que pueden condicionar la variabilidad observada, se comparan ambas cuencas, ya que están sujetas a diferentes factores tales como vientos y corrientes marinas que afectan a la humedad y otras variables ambientales. Además, la cuenca Atlántica forma

una extensa altiplanicie mientras que en la vertiente Pacífica el gradiente altitudinal es más abrupto. La magnitud de la variación de los valores de los isótopos es similar a ambos lados de los Andes. Sin embargo, cuando comparamos los valores de $\delta^{13}\text{C}$ por cuenca se hace evidente un enriquecimiento relativo del lado Pacífico que se traduce en una diferencia significativa ($t= 5,5829$, $p= <0,00001$), si bien hay una zona de superposición alrededor de -17‰ . En el caso de los valores de $\delta^{15}\text{N}$, la segregación entre ambas cuencas es también significativa ($t= 8,6801$, $p= <0,00001$) y las muestras del Pacífico se encuentran más enriquecidas (Figura 3). Estas diferencias pueden deberse en parte a la mayor aridez en la vertiente Pacífica en comparación a la Atlántica.

Insertar Figura 3

Debido a que la pertenencia de las muestras para ambas cuencas engloba varias diferencias, se ha desglosado esta variabilidad en términos de coordenadas geográficas. En relación con la longitud, se aprecia una correlación negativa no significativa con los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y una correlación positiva significativa con los valores de $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 4). En cuanto a la latitud, su variación tiene potencialmente un impacto más fuerte en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$, ya que a lo largo de este gradiente varían factores ambientales como la temperatura y estacionalidad. En este caso no se observa una correlación significativa con los valores de $\delta^{13}\text{C}$, mientras que se da una correlación positiva significativa, aunque muy baja, con los de $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 5). Estas variaciones también podrían relacionarse en parte al gradiente de aridez, que aumenta de norte a sur y de este a oeste.

Insertar Figuras 4 y 5

La altitud es también un factor que tiene un fuerte impacto en las variables ambientales, que condicionan la ecología isotópica de una región. Las muestras analizadas abarcan casi 2.000 m, un rango más significativo que en el caso de latitud y longitud. Probablemente por estas dos razones combinadas es que se registran correlaciones significativas más importantes con los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$, en ambos casos negativas (Figura 6). Esta variación no es estrictamente lineal, sino que se observa un enriquecimiento en el ^{13}C entre los 2.800 y 3.000 msnm en particular, y hasta 3.400 msnm en el caso del ^{15}N . A pesar de la tendencia general, en el caso de Antofagasta de la Sierra, las plantas no muestran una correlación significativa con la altitud, sino que muestran valores isotópicos más enriquecidos en contextos acuíferos entre 3.300 y 3.700 msnm. Esto podría deberse a una cuestión de escala ya que, mientras que a escala microrregional se observan patrones que obedecen a aspectos biogeográficos locales, en escalas macro se aprecian otros que responden a gradientes más generales.

Insertar Figura 6

No es menor la incidencia que pueden tener las variaciones taxonómicas de los camélidos y las diferencias biológicas que implican, aunque algunos individuos podrían ser híbridos. También la incidencia de su carácter de silvestres *versus* domésticos, donde la alimentación de estos últimos está culturalmente mediada. Para evaluar esto se agruparon los camélidos de acuerdo con las determinaciones realizadas, sin considerar a los camélidos indeterminados. Se agruparon los camélidos pequeños como vicuñas y a los camélidos grandes tempranos (pre-6.000 AP) con los guanacos. Aquellos camélidos grandes posteriores a 4.500 AP, cuando la domesticación ya estaba en marcha, fueron separados dado que es probable que muchos sean llamas. Como puede verse en la Figura 7, las diferencias entre taxones no son altas, aunque son significativas ($F= 7,064$, $p= 0,00017$ para carbono; $F= 10,57$, $p= <0,00001$ para nitrógeno). Respecto a los valores de $\delta^{13}C$ encontramos una mayor variación y valores más enriquecidos en el género *Lama* que en *Vicugna*, especialmente en los domésticos. En el caso de los valores de $\delta^{15}N$, la variación entre *Lama* y *Vicugna* es similar, aunque nuevamente, los primeros presentan valores más enriquecidos. Esto concuerda con la relación entre los valores de $\delta^{13}C$ y los de $\delta^{15}N$ que mostramos antes, donde algunas llamas presentan valores de $\delta^{13}C$ muy enriquecidos respecto de los de $\delta^{15}N$.

Insertar Figura 7

Respecto a los camélidos silvestres, la menor variabilidad en el consumo de plantas sugerida por un rango más acotado de $\delta^{13}C$ en vicuñas es esperable en tanto tienen una dieta más especializada y son más territoriales (Figura 7). Por otra parte, la mayor dispersión de valores en guanacos es concordante con una mayor diversidad de ambientes utilizados por esta especie. En las llamas, la variación es similar o incluso mayor a los guanacos, al tiempo que alcanzan valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ más elevados, especialmente si consideramos a los camélidos grandes más tardíos en este grupo. Sin embargo, en el Pacífico la variabilidad es mucho menor si se considera esta cuenca por separado, lo que puede deberse a áreas de pastoreo más localizadas y utilizadas repetidamente a inicios del Formativo.

A nivel cronológico, cuando se ordenan las muestras conforme a las etapas del Holoceno, los valores de $\delta^{13}C$ se mantienen predominantemente dentro del rango entre algo menos de -18‰ y -16‰, si bien en el Holoceno Medio (c. 8.000-4.000 AP) hay menos casos con valores muy negativos, mientras que en el Holoceno Tardío se aprecian los *outliers* correspondientes a las llamas con valores altos de $\delta^{13}C$ (Figura 8). En el caso del nitrógeno, si bien muchos valores se agrupan entre casi 6‰ y casi 10‰, en el Holoceno Medio se registran menos casos con valores de $\delta^{15}N$ bajos, lo que podría relacionarse a la mayor aridez registrada en este período (Figura 8).

Insertar Figura 8

Si desglosamos esto conforme a la edad radiocarbónica de las ocupaciones, vemos que en el caso del $\delta^{13}\text{C}$ no hay una correlación entre ambas variables (Figura 9). Los valores se mantienen en un rango de -20‰ a algo más de -14‰ lo largo del tiempo, aunque con más valores elevados desde fines del Holoceno Temprano y luego más negativos desde *c.* 2.500 AP. Además, en el Holoceno Medio de Susques se aprecia un caso de un camélido grande con valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ enriquecidos, y en los últimos 3.000 años se aprecian algunos valores significativamente más enriquecidos en ^{13}C en Antofagasta de la Sierra, como ya señalamos. Por otra parte, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ muestran una correlación positiva significativa con la cronología, aunque de muy baja intensidad. Con la excepción de dos muestras tempranas de Tulán, con valores de $\delta^{15}\text{N}$ elevados, casi todas las muestras previas a 5.000 AP tienen valores entre *c.* 4‰ y 12‰. En cambio, entre 4.500 y 2.500 AP casi todas las muestras tienen un $\delta^{15}\text{N}$ entre 8‰ y 13‰, mientras que entre 2.500 y 500 AP se concentran entre 4‰ y 10‰. En estas figuras se aprecia además la ausencia de muestras entre *c.* 6.000 y 4.500 AP relacionada con el pico árido del Altitermal (señalada con una flecha en la figura).

Insertar Figura 9

La presencia de muestras muy enriquecidas en ^{13}C pero con bajos valores de $\delta^{15}\text{N}$ en los últimos 2.500 años coincide con la aparición del Formativo y la consolidación del pastoreo de camélidos y una estrategia orientada a la producción de alimentos. En la cuenca Pacífica, a diferencia del Arcaico Tardío, hacia el Formativo Temprano el pastoreo se da en zonas altas y quebradas intermedias. En Antofagasta de la Sierra, hacia 3.000 AP, con el Formativo Temprano, la evidencia indica patrones de movilidad trashumante, donde los rebaños son llevados desde el fondo de cuenca hacia sitios de altura. Esto da cuenta de las llamas en el fondo de cuenca con valores de $\delta^{13}\text{C}$ más negativos que los esperables si sólo hubieran sido alimentadas allí. Para el Formativo Tardío se infiere un mayor consumo de plantas C_4 , lo que hemos asociado a una reducción de la movilidad y/o a la complementación de la dieta con forrajes, tal vez maíz. Por el contrario, en el área de Susques no se identifica una progresión hacia el mayor consumo de plantas C_4 en el tiempo, aunque sí los valores de $\delta^{15}\text{N}$ parecerían verse fuertemente influenciados por los cambios climáticos que se dan durante el Holoceno.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo hemos analizado la composición isotópica del carbono y el nitrógeno en camélidos de la Prepuna, la Puna Seca y la Puna Salada a gran escala temporal y espacial. Si bien sabemos que las diferencias entre estas áreas (tales como el tamaño de las muestras, las variaciones ambientales y culturales, y los diferentes laboratorios donde se analizaron las muestras) pueden afectar los

resultados, creemos que este análisis comparativo preliminar es suficientemente representativo y aporta una perspectiva macro novedosa que puede ser robustecida a futuro. Entre los nuevos resultados, se encuentra el hecho que algunas interpretaciones sobre los factores que afectan a la variabilidad en las composiciones isotópicas de estos camélidos andinos difieren de las discernibles a escalas espaciales más pequeñas. Tal es el caso de la correlación de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ con la altitud, que dentro de la cuenca de Antofagasta de la Sierra no es lineal. Esto nos alerta sobre la escala en que se expresan determinados factores que subyacen a las variaciones isotópicas y cómo pudieron variar en el tiempo. Por último, cabe destacarse el impacto que la historia cultural de esta región andina ha tenido sobre estas variaciones isotópicas, igual o aún mayor que el de la historia estrictamente ambiental, lo que se manifiesta en el significativo cambio que se registra cuando se aportan forrajes complementarios y específicamente maíz a la dieta de los camélidos autóctonos.

AGRADECIMIENTOS

Nuestra gratitud a los organizadores del ELAZ y de este simposio. El trabajo de la vertiente Pacífica fue financiado por el proyecto Fondecyt1130917. El trabajo en Antofagasta de la Sierra fue financiado con apoyo de la UBA (UBACyT0020090200027 y 20020110100011), CONICET (PIP 11220100100208), la UNC (SECyT 162/2012), el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba (PID Res. 000113/2011) y dos becas doctorales CONICET. Este último equipo agradece a Daniel Olivera, Carlos Aschero, Dolores Elkin, Elizabeth Pintar, Jorge Martínez, a cargo de las excavaciones en algunos de los sitios informados, y al personal, investigadores y estudiantes del INGEIS por su colaboración en los análisis.

BIBLIOGRAFÍA

- De Niro, M. (1985). Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to paleodietary reconstruction. *Nature* 317: 806-809.
- Grant, J., Mondini, M. & Panarello, H. O. (2018). Carbon and nitrogen isotopic ecology of Holocene camelids in the Southern Puna (Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina): Archaeological and environmental implications. *Journal of Archaeological Science: Reports* 18:637-647.
- López, P., Cartajena, I., Loyola, R., Núñez, L. & Carrasco, C. (2017). The use of hunting and livestock space inferred by stable isotopes analyses on camelids during the early Formative (Tilocalar Phase) in Tulan Transect (*Puna de Atacama*, Chile). *International Journal of Osteoarchaeology* 27(6): 1059-1069.

Núñez, L., Cartajena, I., Carrasco, C., López, P., Rivera, F., de Souza, P., Santander, B. & Loyola, R. (2017). Presencia de un centro ceremonial Formativo en la circunpuna de Atacama. *Chungara*49(1): 3-33.

Samec, C., Morales, M. & Yacobaccio, H. (2014). Exploring human subsistence strategies and environmental change through stable isotopes in the Dry Puna of Argentina. *International Journal of Osteoarchaeology* 24: 134-148.

Samec, C. T., Pirola, M., Yacobaccio, H. D. & Panarello, H. O. En prensa. Assessing Prehispanic Herding Strategies through Stable Isotope Analysis: A Case Study from the Dry Puna of Argentina. *Environmental Archaeology*.

EPIGRAFES

Figura 1. Área de estudio

Figura 2. Dispersión de valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de los casos estudiados en ambas cuencas

Figura 3. Comparación de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre las cuencas del Pacífico y del Atlántico

Figura 4. Distribución de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por longitud

Figura 5. Distribución de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por latitud

Figura 6. Distribución de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por altitud

Figura 7. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de acuerdo con su identificación taxonómica

Abreviaturas: V: *Vicugna vicugna* / camélido pequeño; G: *Lama guanicoe* / camélido grande pre-6.000 AP; LL: *Lama glama*; CGT: Camélido grande tardío (post-4.500 AP)

Figura 8. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ distribuidos por cronología de las ocupaciones: etapas del Holoceno

Figura 9. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ distribuidos por cronología de las ocupaciones: años AP