

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/336853687>

Evidencias isotópicas y radiocarbónicas de paleodieta y movilidad en una inhumación del período Formativo temprano (ca. 2400 cal aP) en la Puna de Atacama (norte de Chile)

Article in *Latin American Antiquity* · October 2019

DOI: 10.1017/laq.2019.68

CITATIONS

0

READS

103

3 authors, including:



Patricio De Souza

University of Chile

31 PUBLICATIONS 635 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Francisca Santana-Sagredo

Pontificia Universidad Católica de Chile

37 PUBLICATIONS 240 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



FONDECYT 1181627 Procesos de colonización y ocupación inicial en los salares de Imilac y Punta Negra: variabilidad cultural y cambios ambientales durante el Pleistoceno Final - Holoceno Temprano en el extremo meridional de la puna de Atacama [View project](#)



Proyecto Fondecyt 1190197: "Ocupaciones humanas y paisajes de altura. Marco paleoambiental y geoarqueológico durante el poblamiento humano inicial en la Puna Meridional del Desierto de Atacama (26-28°S, 3.200-4.500 msnm)" [View project](#)

Evidencias isotópicas y radiocarbónicas de paleodieta y movilidad en una inhumación del período Formativo temprano (ca. 2400 cal aP) en la Puna de Atacama (norte de Chile)

Patricio De Souza , Francisca Santana-Sagredo y Mónica Rodríguez

Un trabajo de rescate arqueológico en la cuenca alta del Río Loa (norte de Chile) resultó en el hallazgo de una inhumación prehispánica de un infante asociado a variados atavíos y ofrendas, junto a los restos óseos parciales de una adolescente. Ambos individuos fueron sometidos a análisis de isótopos estables para establecer paleodieta ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) y movilidad ($\delta^{18}\text{O}$ y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$). Además, se efectuaron dataciones radiocarbónicas pareadas de los restos bioantropológicos y culturales con el fin establecer la cronología de la inhumación y, a la vez, evaluar la existencia de un posible efecto reservorio marino. Los resultados isotópicos sugieren consumo de dieta principalmente terrestre y un origen local para los individuos, aunque con una ingesta moderada de recursos marinos. Los fechados radiocarbónicos presentan una inesperada diferencia entre las edades de las ofrendas y los restos humanos, indicando la existencia de un importante efecto reservorio. Dichos resultados dan nuevas luces sobre el consumo de alimentos marinos durante el Formativo temprano en la región, a la vez que permiten ejemplificar los alcances de efectuar dataciones pareadas de restos humanos y culturales.

Palabras clave: norte de Chile, Formativo temprano, isótopos estables, efecto reservorio, paleodieta

During a rescue operation in the upper basin of the Loa River (northern Chile), archaeologists discovered a prehispanic burial of a newborn associated with various offerings and the partial skeletal remains of a teenager. We conducted stable isotope analysis to establish palaeodiet ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) and mobility ($\delta^{18}\text{O}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$). In addition, we carried out paired radiocarbon dating of bioanthropological and cultural remains in order to date the burial event and evaluate a possible marine reservoir effect. The results of these analyses suggest that (1) the individuals' diets were composed primarily of terrestrial resources, supplemented by moderate consumption of marine resources; and (2) that the individuals studied were of isotopically local origin. Radiocarbon dates showed an unexpected difference between the ages of the offerings and the human remains, likely due to the marine reservoir effect. These results shed new light on the consumption of marine foods during the Early Formative in the region. At the same time, this study is an example of the importance of carrying out paired dates of human/cultural remains on burials.

Keywords: Northern Chile, Early Formative Period, stable isotopes, reservoir effect, paleodiet

En el Desierto de Atacama del norte de Chile, el período Formativo temprano se caracteriza por una creciente intensificación de las redes de intercambio entre tierras altas y costa, tal como lo demuestran las evidencias artefactuales y ecofactuales (Núñez et al. 2006; Núñez y Santoro 2011). En este contexto,

investigar el consumo de elementos marinos y la movilidad de las poblaciones de tierras altas desde las evidencias isotópicas posee relevancia para comprender mejor estas tempranas redes de interacción.

En este trabajo se exponen los resultados obtenidos de análisis de isótopos estables de

Patricio De Souza ■ Departamento de Antropología, Universidad de Chile, Ignacio Carrera Pinto 1045, Ñuñoa, Santiago, Chile (patricio.desouza@uchile.cl, autor de contacto)

Francisca Santana-Sagredo ■ Instituto de Ciencias Naturales Alexander von Humboldt, Universidad de Antofagasta, Angamos 601, Antofagasta, Chile; Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, University of Oxford, Dyson Perrins Building, South Parks Road, Oxford OX1 3QY, UK

Mónica Rodríguez ■ Sociedad Chilena de Antropología Biológica, Santiago, Chile

Latin American Antiquity, pp. 1–8

Copyright © 2019 by the Society for American Archaeology

doi:10.1017/laq.2019.68

$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ y radiogénicos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en un contexto funerario acotado del período Formativo temprano ubicado en las tierras altas del Desierto de Atacama (ca. 3.100 m snm). De manera complementaria, se efectuó datación radiocarbónica pareada de los restos y sus ofrendas, práctica poco común en la arqueología local, pero que nuestros resultados demuestran como valiosa en el contexto de la investigación paleodietaria.

El Contexto Funerario

El sitio de Alero Ampahuasi es un alero rocoso de dimensiones reducidas (4 por 2 m) ubicado en las quebradas cordilleranas de la cuenca superior del Río Loa (norte de Chile), a unos 3.100 m snm y a unos 300 km de trayecto hasta la costa pacífica a través del curso del Loa (Figura 1). El interior de este alero fue excavado en el marco de un trabajo de rescate arqueológico, donde se produjo el hallazgo de un socavado discreto que contenía la inhumación de un infante asociado a diversos objetos dispuestos como ajuar y ofrendas. Los objetos se encontraron en posición primaria en torno al cuerpo, sin señales de alteraciones o intrusiones posdeposicionales. En forma inmediatamente aledaña al socavado, se identificó y recuperó una mandíbula humana y restos dentales de un individuo adulto.

El infante posee un alto grado de preservación de sus unidades anatómicas, pudiendo ser identificadas el 98,5% de las piezas óseas. El cráneo conservaba adheridos remanentes de cuero cabelludo y de cabello. Con base en indicadores osteológicos como el desarrollo y la erupción de las piezas dentales (Buikstra y Ubelaker 1994) y medidas antropométricas (Schaefer et al. 2009), se estimó su edad de muerte en un rango desde 38 semanas de gestación a dos meses de vida postnatal. Lo anterior permite clasificarlo como perinato, es decir, que falleció muy poco antes, algo después, o bien durante su nacimiento. No obstante, recientes datos sobre la concentración de alcaloides en distintos segmentos del cabello de este individuo indican que murió muy poco antes o al momento de nacer, no alcanzando a ser amamantado (Niemyer et al. 2018).

La mandíbula del individuo adolescente presenta características morfológicas preponderantemente femeninas, con un grado de sexualización (*sensu* Walrath et al. 2004) de 1,125. El desarrollo dental (Buikstra y Ubelaker 1994) y el grado de abrasión dental (Hillson 1996) permiten sugerir que el individuo tenía entre 14 y 17 años al momento de fallecer.

Materiales y Métodos

Se extrajeron dos muestras para datación ^{14}C AMS de las ofrendas asociadas al perinato: una fibra vegetal proveniente de un cesto que yacía bajo el cuerpo del infante y un hilado de lana del turbante que cubría su cráneo. Ambos objetos se encontraban en indudable asociación contextual primaria con el infante. También se extrajeron tres muestras bioantropológicas: cabello del individuo perinato, tejido óseo del individuo adolescente y una pieza dental de este mismo individuo (primer molar inferior). Se estudiaron isótopos estables de carbono y nitrógeno desde el colágeno y dentina de los tejidos óseo y dental, así como desde la queratina del cabello. Asimismo, se analizaron isótopos estables de carbono y oxígeno de la bioapatita de esmalte dental y tejido óseo, además de razones de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en la pieza dental, hueso y cabello. A la vez, el colágeno óseo y la queratina capilar fueron datados por radiocarbono mediante AMS.

Los individuos perinatos y neonatos presentan valores isotópicos asociados a la dieta consumida por la madre, ya que los nutrientes son integrados a sus tejidos primero a través del cordón umbilical y, una vez nacidos, por la lactancia (Fuller et al. 2006). En nuestro caso, la muestra de cabello del perinato representa la dieta de su madre dentro de un segmento temporal de unos tres meses, correspondiente al tiempo transcurrido desde la formación in utero del tejido capilar hasta la muerte del individuo. Dado que habría fallecido en forma muy cercana a su nacimiento, sus tejidos no se encontrarían afectados a enriquecimiento de nitrógeno y oxígeno por amamantamiento (Jay et al. 2008).

En el caso del primer molar, sus valores isotópicos representan la dieta de la adolescente durante el tiempo de formación de esta pieza dental, lo que ocurre entre los seis meses de

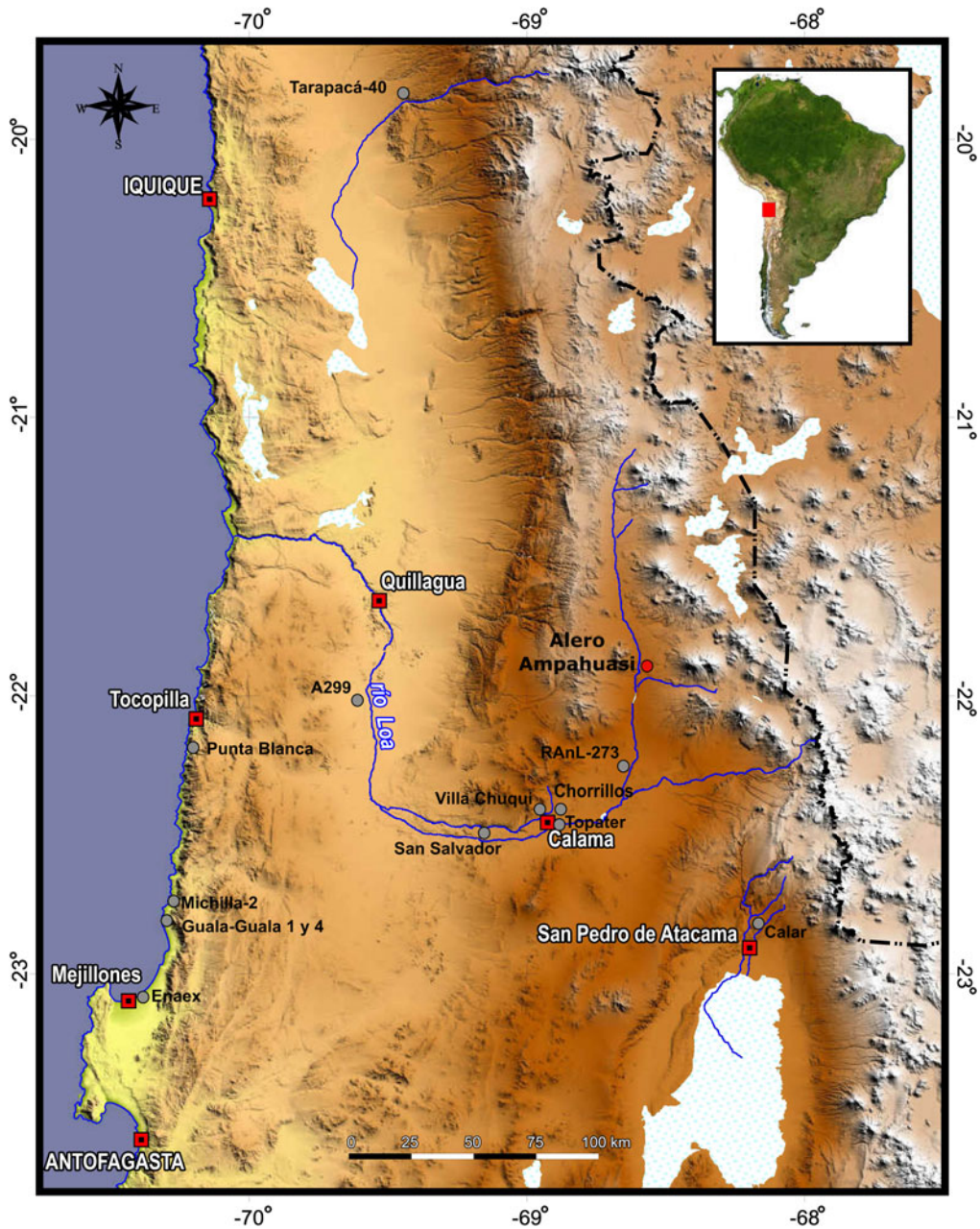


Figura 1. Mapa del norte de Chile con ubicación del sitio estudiado y otros sitios formativos con datos isotópicos.

vida intrauterina y los tres años de vida posnatal (Hillson 1996). Por su parte, la muestra de tejido óseo representa su dieta promedio durante los últimos siete a 10 años de vida (Hedges et al. 2007). Considerando la edad de muerte de este individuo, ambas muestras representarían gran parte de su historia de vida.

Resultados

Isótopos Estables

Los resultados obtenidos para los distintos isótopos son presentados en la [Tabla 1](#). Se observa que los valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ y $\delta^{15}\text{N}_{\text{col}}$ del individuo

perinato son sólo ligeramente más positivos, con una diferencia promedio de 0,7‰, de los valores del individuo adolescente. Para este último, los valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ y $\delta^{15}\text{N}_{\text{col}}$ provenientes de la mandíbula y del primer molar son casi idénticos, con diferencias que no superan 0,2‰. Los valores obtenidos para el $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ de ambas muestras de este individuo son también casi idénticos entre sí. De esta forma, los resultados obtenidos indican que el individuo adolescente no sufrió variaciones de dieta importantes a lo largo de su vida.

Por su parte, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ tanto para el perinato como el individuo adolescente (Tabla 1) muestran similitud con los datos de oxígeno para aguas del Alto Loa (Aravena y Suzuki 1990) y de estroncio provenientes de la geología del área de estudio (Möller-McNett 2010), sugiriendo que ambos individuos serían de origen local. De esta forma, se propone que los individuos nacieron y vivieron la mayor parte de sus vidas en las tierras altas.

Dataciones Radiocarbónicas

Las dataciones obtenidas del turbante: 2450 ± 30 aP (Beta 363060; fibra de camélido; $\delta^{13}\text{C} = -18,2\text{‰}$) y del cesto: 2410 ± 30 aP (Beta 363059; fibra vegetal; $\delta^{13}\text{C} = -24,0\text{‰}$) son estrechamente cercanas entre sí, pudiendo ser combinadas exitosamente a través de la prueba de chi cuadrado (Ward y Wilson 1978; $T = 0,9$ [cf. 5% 3,8]) llevada a cabo por la operación *R_Combine* del programa OxCal 4.3 (Bronk Ramsey 2009). Estas dataciones permiten asignar la cronología de la inhumación a los momentos finales del Formativo temprano, correspondiente a la fase Tilocalar (3350–2350 ^{14}C aP; Núñez et al. 2006).

Por su parte, las dataciones obtenidas desde el hueso del individuo adolescente: 2730 ± 30 aP (UGAMS 16083; colágeno óseo; $\delta^{13}\text{C} = -18,1\text{‰}$) y el pelo del perinato: 2770 ± 30 aP (UGAMS 16081; pelo humano; $\delta^{13}\text{C} = -17,5\text{‰}$) son también muy similares entre sí, pudiendo ser combinadas exitosamente a través de la prueba de chi cuadrado de *R_Combine* ($T = 1,3$ [cf. 5% 3,8]). Sin embargo, se observa que ambas fechas presentan una diferencia significativa con aquellas del turbante y la cestería, siendo más antiguas por unos 320 años radiocarbónicos o bien 400 calendáricos (Tabla Suplementaria 1; Figura 2).

Discusión y Conclusiones

Los valores isotópicos de carbono y nitrógeno de ambos individuos fueron comparados con los valores disponibles para la flora (Díaz et al. 2016) y fauna moderna del norte de Chile (Tieszen y Chapman 1992), además de valores de fauna arqueológica (camélidos) del área atacameña (López et al. 2017) y del Noroeste Argentino (Samec et al. 2014; Figura 3; Texto Suplementario 1). Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ indican una dieta terrestre, debido a que se encuentran bajos en relación con la composición isotópica de carbono de todos los recursos marinos. Sin embargo, las señales de $\delta^{15}\text{N}$, algo más elevadas de lo esperado para una dieta totalmente terrestre, sugieren una ingesta moderada de recursos marinos tanto para el individuo adolescente a lo largo de gran parte de su vida como para la madre del perinato durante los tres meses anteriores a la muerte de este último.

Las señales isotópicas de ambos esqueletos fueron comparadas también con diferentes sitios del período Formativo con datos isotópicos (Knudson et al. 2012; Pestle et al. 2015; Santana-Sagredo et al. 2015), tanto de la costa como del interior del Desierto de Atacama (Figura 4; Texto Suplementario 1). Tanto los valores de $\delta^{13}\text{C}$ como los de $\delta^{15}\text{N}$ sitúan a los dos individuos dentro del grupo del interior, muy por debajo de los valores observados para los sitios costeros. Si bien los valores de $\delta^{13}\text{C}$ se sitúan en una posición intermedia dentro del grupo del interior, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de ambos individuos son superiores a la gran mayoría de los observados en este grupo. Lo anterior sugiere que, aunque el consumo de alimentos marinos de ambos individuos estuvo muy por debajo de aquel de los grupos costeros, fue, sin embargo, elevado en la escala relativa de los grupos del interior.

La diferencia entre las fechas radiocarbónicas de los restos del infante y aquellas del material cultural indica dietas que incorporaron alimentos marinos sujetos a efecto reservorio. Una forma de estimar este aporte de carbono marino a la dieta es dividiendo el efecto reservorio dietario por el efecto reservorio marino local (Santana-Sagredo et al. 2017), lo cual arroja entre 44,1 y 60,6% (promedio 52,4%) si se considera un efecto reservorio de 626 ± 98 (Ortlieb et al.

Tabla 1. Valores Isotópicos Obtenidos de los Individuos del Alero Ampahuasi.

Individuo	Material	$\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ (quer) VPDB ^a	$\delta^{15}\text{N}_{\text{col}}$ (quer) AIR ^a	C/N	$\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ VPDB	$\delta^{18}\text{O}$ VPDB	$\delta^{18}\text{O}$ SMOW (1) ^b	$\delta^{18}\text{O}$ SMOW (2) ^b	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Perinato	Cabello	-16,7 (-18,1)	16,2 (15,3)	3,5	—	—	—	—	0,706474
Adolescente	Primer molar	-17,3	15,5	3,3	-12,4	-5,1	-8,2	-7,8	0,706359
Adolescente	Tejido óseo	-17,5	15,7	3,3	-12,6	-4,3	-6,7	-6,5	0,706351

Nota: col = colágeno; quer = queratina; VPDB = Vienna Pee Dee Belemnite; AIR = aire; ap = apatita; SMOW = Vienna Standard Mean Ocean Water.

^aLos valores isotópicos del cabello fueron ajustados para ser comparables con los de colágeno. Se consideró una diferencia queratina-colágeno de 1,41‰ para carbono y 0,86‰ para nitrógeno (O'Connell et al. 2001).

^bLos valores de $\delta^{18}\text{O}$ VPDB para el individuo adolescente fueron convertidos en valores de agua bebida $\delta^{18}\text{O}$ SMOW siguiendo las ecuaciones 1 y 2 citadas por Daux y colaboradores (2008).

2011). Sin embargo, un aporte de esta magnitud parece inusualmente alto para individuos cuyas señales isotópicas indican un consumo sólo moderado de alimentos marinos.

A modo de contraste, se estimó el aporte marino a la dieta a partir de un modelo de mezcla (Tabla Suplementaria 2), considerando recursos vegetales y animales del área de estudio (Díaz et al. 2016; López et al. 2017; Tieszen y Chapman 1992). Los valores obtenidos ($19,4 \pm 10,8\%$ y $16,7 \pm 9,6\%$) son considerablemente

inferiores a los obtenidos bajo la estimación anterior, sugiriendo que el efecto reservorio marino durante el Formativo temprano pudo ser considerablemente más alto que la media ofrecida por Ortlieb y colaboradores (2011) para el período entre 5000 y 1000 aP.

Los resultados obtenidos a partir de este caso de estudio tienen más de un alcance para la investigación local. Primero, aportan al conocimiento sobre la paleodieta y movilidad de los habitantes del Formativo temprano en las tierras altas, hasta

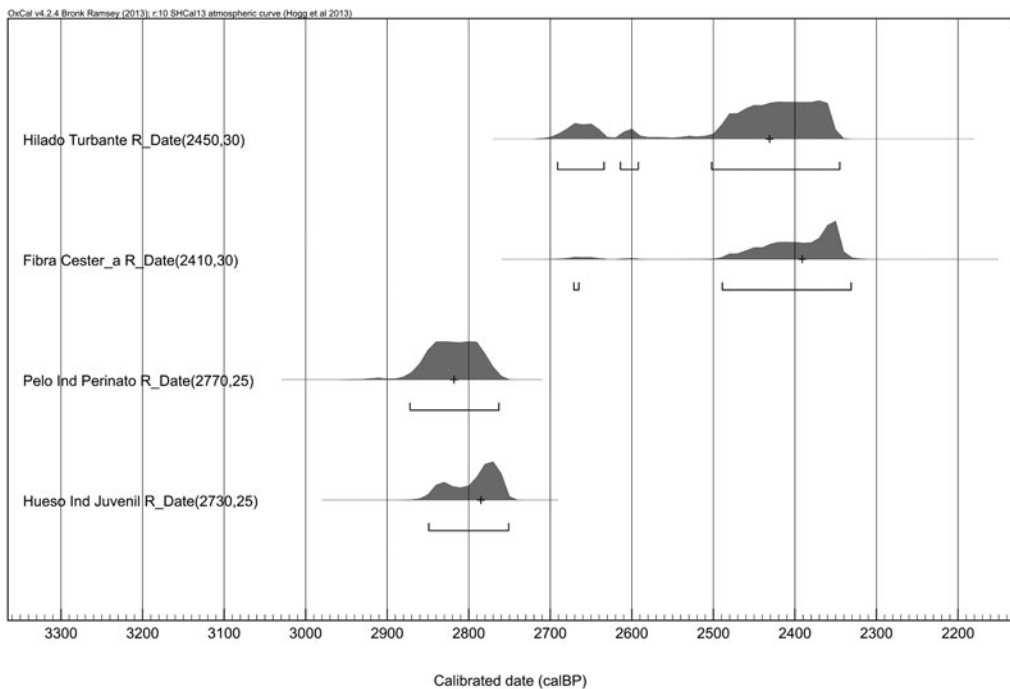


Figura 2. Diagrama de dataciones radiocarbónicas calibradas obtenidas de restos bioantropológicos y culturales de la inhumación.

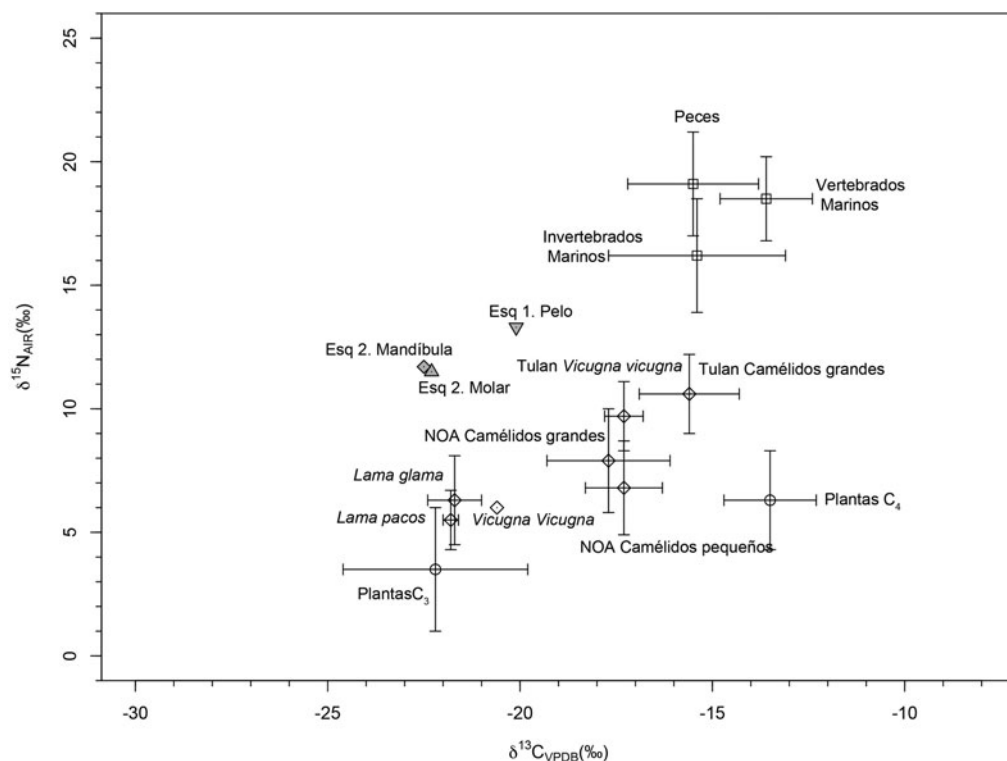


Figura 3. Valores isotópicos de carbono y nitrógeno de la fauna y flora local del Norte Grande de Chile y Noroeste Argentino en relación con los individuos de este estudio.

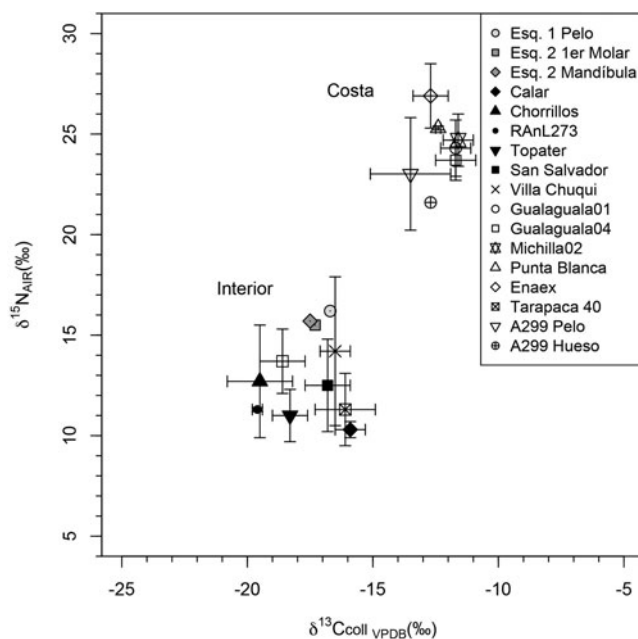


Figura 4. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos de este estudio comparados con individuos provenientes de sitios costeros y del interior del período Formativo en el norte de Chile.

ahora temas muy poco conocidos con relación a momentos más tardíos del período (e.g., Pestle et al. 2015; Santana-Sagredo et al. 2015). En este sentido, se comprueba que habitantes que nacieron y vivieron en tierras altas, incluyendo mujeres, consumían alimentos marinos en una proporción nada despreciable durante este momento de la prehistoria. Segundo, nuestros resultados muestran cómo las dataciones pareadas de restos humanos y sus ofrendas pueden ser útiles dentro de la investigación paleodietaria, ofreciendo además perspectivas para el estudio del propio efecto reservorio marino en el pasado. Datos como los generados en este trabajo tienen el potencial de unirse con otros de dataciones pareadas e isótopos estables en el norte de Chile, a fin de generar estimaciones mejor sustentadas y modeladas (e.g., a través de modelos bayesianos) del efecto reservorio en distintos momentos de la prehistoria.

Agradecimientos. A la Comunidad Indígena de Taira, por permitir el desarrollo de esta investigación. A la corporación de Cultura y Turismo de Calama, por facilitar sus instalaciones para el análisis y resguardo de los materiales. A Codelco Chile, por el financiamiento de los análisis. A Roberto Izaurieta, por su ayuda en la elaboración del mapa utilizado. Las excavaciones y análisis referidos fueron autorizados por el Consejo de Monumentos Nacionales de Chile (Ord. 429/12 y 1653/13).

Declaración de disponibilidad de datos. El grueso de los materiales extraídos de la inhumación fueron reenterrados en el lugar de su hallazgo, siguiendo la solicitud efectuada por la Comunidad Indígena de Taira. Sin embargo, tanto de los materiales culturales (turbante y cestería) como bioantropológicos (pelo y hueso) fueron extraídas muestras adicionales que se encuentran almacenadas en la Corporación de Cultura y Turismo de Calama, Chile.

Materiales Suplementarios. Para acceder a los materiales suplementarios que acompañan este artículo visitar: <https://doi.org/10.1017/laq.2019.68>

Texto Suplementario 1: Correcciones de valores $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ aplicados en las Figuras 3 y 4.

Tabla Suplementaria 1: Dataciones Radiocarbónicas Obtenidas de los Restos Bioantropológicos y Culturales del Alero Ampahuasi.

Tabla Suplementaria 2: Resultados del Modelo de Mezcla para Estimación de Composición de la Dieta en Ambos Individuos.

Referencias Citadas

Aravena, Ramón y Osamu Suzuki

1990 Isotopic Evolution of River Water in the Northern Chile Region. *Water Resources Research* 26:2887–2895.

Bronk Ramsey, Christopher

2009 Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates. *Radiocarbon* 51:337–360.

Buikstra, Jane E. y Douglas H. Ubelaker

1994 *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Arkansas Archaeological Survey Research Series No. 44. University of Arkansas, Fayetteville.

Daux, Valérie, Christophe Lécuyer, Marie-Anne Hérán, Romain Amiot, Laurent Simon, François Fourel, François Martineau, Niels Lynnerup, Hervé Reyher y Gilles Escarguel

2008 Oxygen Isotope Fractionation Between Human Phosphate and Water Revisited. *Journal of Human Evolution* 55:1138–1147.

Díaz, Francisca, Matías Frugone, Rodrigo A. Gutiérrez y Claudio Latorre

2016 Nitrogen Cycling in an Extreme Hyperarid Environment Inferred from $\delta^{15}\text{N}$ Analyses of Plants, Soils and Herbivore Diet. *Scientific Reports* 6(1):22226.

Fuller, Benjamin, James Fuller, David Harris y Robert E. M. Hedges

2006 Detection of Breastfeeding and Weaning in Modern Infants with Carbon and Nitrogen Stable Isotope Ratios. *American Journal of Physical Anthropology* 129:279–293.

Hedges, Robert E. M. y Linda M. Reynard

2007 Nitrogen Isotopes and the Trophic Level of Humans in Archaeology. *Journal of Archeological Science* 34:1240–1251.

Hillson, Simon

1996 *Dental Anthropology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hogg, Alan G., Quan Hua, Paul G. Blackwell, Mu Niu, Caitlin E. Buck, Thomas P. Guilderson, Timothy J. Heaton, Jonathan G. Palmer, Paula J. Reimer, Ron W. Reimer, Christian S. M. Turney y Susan R. H. Zimmerman

2016 SHCal13 Southern Hemisphere Calibration, 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon* 55:1889–1903.

Jay, Mandy, Benjamin T. Fuller, Michael P. Richards, Christopher J. Knüsel y Sarah S. King

2008 Iron Age Breastfeeding Practices in Britain: Isotopic Evidence from Wetwang Slack, East Yorkshire. *American Journal of Physical Anthropology* 136:327–337.

Knudson, Kelly J., William J. Pestle, Christina Torres-Rouff y Gonzalo Pimentel

2012 Assessing the Life History of an Andean Traveler through Biogeochemistry: Stable and Radiogenic Isotope Analyses of Archaeological Human Remains from Northern Chile. *International Journal of Osteoarchaeology* 22:435–451.

López, Patricio, Isabel Cartajena, Rodrigo Loyola, Lautaro Núñez y Carlos Carrasco

2017 The Use of Hunting and Herding Spaces: Stable Isotope Analysis of Late Archaic and Early Formative Camelids in the Tulan Transect (Puna de Atacama, Chile). *International Journal of Osteoarchaeology* 27:1059–1069.

Möller-McNett, Stephan

2010 The Central Andes Geochemical GPS Database. Documento electrónico, <https://andes.gzg.geo.uni-goettingen.de/maps3/>, accedido el 3 de Marzo de 2019.

Niemeyer, Hermann, Patricio De Souza, Conrado Camilo y Javier Echeverría

2018 Chemical Evidence of Prehistoric Passive Tobacco Consumption by a Human Perinate (Early Formative

- Period, South-Central Andes). *Journal of Archaeological Science* 100:130–138.
- Núñez, Lautaro, Isabel Cartajena, Patricio De Souza, Carlos Carrasco y Martin Grosjean
2006 Emergencia de comunidades pastoralistas formativas en el sureste de la Puna de Atacama. *Estudios Atacameños* 32:93–117.
- Núñez, Lautaro y Calogero Santoro
2011 El tránsito Arcaico-Formativo en la circumpuna y valles occidentales del centro sur andino: Hacia los cambios “neolíticos”. *Chungara* 43:487–530.
- O’Connell, Tamsin C., Robert E. M. Hedges, M.A. Healy y Amish Simpson
2001 Isotopic Comparison of Hair, Nail and Bone: Modern Analyses. *Journal of Archaeological Science* 28:1247–1255.
- Ortlieb, Luc, Gabriel Vargas y Jean-François Saliège
2011 Marine Radiocarbon Reservoir Effect along the Northern Chile–Southern Peru Coast (14–24°S) throughout the Holocene. *Quaternary Research* 75:91–103.
- Pestle, William, Christina Torres-Rouff, Francisco Gallardo, Benjamín Ballester y Alejandro Clarot
2015 Mobility and Exchange among Marine Hunter-Gatherer and Agropastoralist Communities in the Formative Period, Atacama Desert. *Current Anthropology* 56:121–133.
- Samec, Celeste, Marcelo R. Morales y Hugo D. Yacobaccio
2014 Exploring Human Subsistence Strategies and Environmental Change through Stable Isotopes in the Dry Puna of Argentina. *International Journal of Osteoarchaeology* 24:134–148.
- Santana-Sagredo, Francisca, Rick Schulting, Julia Lee-Thorp, Carolina Agüero, Mauricio Uribe y Cecilia Lemp
2017 Paired Radiocarbon Dating on Human Samples and Camelid Fibers and Textiles from Northern Chile: The Case of Pica 8 (Tarapacá). *Radiocarbon* 59:1195–1213.
- Santana-Sagredo, Francisca, Mauricio Uribe, María José Herrera, Rodrigo Retamal y Sergio Flores
2015 Dietary Practices in Ancient Populations from Northern Chile during the Transition to Agriculture (Tarapacá Region, 1000 BC–AD 900). *American Journal of Physical Anthropology* 158:751–758.
- Schaefer, Maureen C., Sue Black y Louise Scheuer
2009 *Juvenile Osteology: A Laboratory and Field Manual*. Academic Press, Amsterdam.
- Tieszen, Larry L. y Michael Chapman
1992 Carbon and Nitrogen Isotopic Status of the Major Marine and Terrestrial Resources in the Atacama Desert of Northern Chile. In *Proceedings of the First World Congress on Mummy Studies*, pp. 409–425. Museo Arqueológico y Etnográfico de Tenerife, Tenerife.
- Walrath, Dana E., Paul Turner y Jaroslav Bruzek
2004 Reliability Test of the Visual Assessment of Cranial Traits for Sex Determination. *American Journal of Physical Anthropology* 125:132–137.
- Ward, Grame K. y Susan R. Wilson
1978 Procedures for Comparing Radiocarbon Age Determinations: A Critique. *Archaeometry* 20:19–31.

Submitted May 18, 2018; Revised March 24, 2019; Accepted June 25, 2019