



# ESTUDIO ISOTÓPICO DEL CONSUMO DE RECURSOS MARÍTIMOS Y TERRESTRES EN LA PREHISTORIA DEL DESIERTO DE ATACAMA\*

## ISOTOPIC STUDY OF MARINE AND TERRESTRIAL RESOURCES IN THE PREHISTORY OF THE ATACAMA DESERT

Charlotte L. King<sup>1</sup>, Bernardo T. Arriaza<sup>2</sup>, Vivien G. Standen<sup>3</sup>, Andrew R. Millard<sup>4</sup>, Darren R. Gröcke<sup>5</sup>, Iván Muñoz<sup>3</sup> y Siân E. Halcrow<sup>1</sup>

Este trabajo explora desde una perspectiva diacrónica la dieta de las poblaciones prehispánicas de la región de Arica mediante análisis isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ , con el propósito de evaluar si hubo cambios en los patrones dietarios desde los primeros agricultores (periodo Formativo, 3500–1500 AP) hasta la ocupación Inka (periodo Tardío, 550–400 AP). En particular, examina el impacto del consumo del maíz en esta área, durante los periodos de mayor interacción social con los centros políticos del altiplano. Nuestros resultados muestran una continuidad en el tiempo del consumo de recursos marinos de amplio espectro, más que un giro hacia la dependencia del consumo del maíz. Además, se comparan y contrastan nuestros resultados con otros previamente publicados para otras regiones andinas, demostrando variaciones biogeográficas en el uso de los recursos, probablemente influenciados por los centros políticos Wari, Tiwanaku y luego el imperio Inka. Finalmente, el análisis isotópico incremental del colágeno de la dentina en las muestras de infantes de las poblaciones de la región de Arica, indican que el maíz fue un recurso alimenticio durante la fase del destete, demostrando así un consumo más marcado durante la infancia que en la adultez.

**Palabras claves:** Arica, isótopos de carbono y nitrógeno, paleodieta, maíz, destete.

*This paper presents the results of isotopic analysis of prehistoric diet in the Arica region. Using  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values obtained from human collagen we evaluate changes in dietary patterns from the early agricultural period (Formative 3500-1500 BP) through to Inka occupation (Late period 550-400 BP). In particular, we examine the impact of maize consumption in the area during periods of major social interaction with the political centres of the Andean highlands. Our results show the continuation of broad-spectrum and marine resource use, rather than a shift to maize-reliance during prehistory. In addition, we compare and contrast our data with previously published work from other Andean regions. We demonstrate biogeographical variation in resource use, probably influenced by the political centres of Wari, Tiwanaku and later the Inka Empire. Contrastingly, results from incremental isotopic analysis of dentine collagen from the Arica infant populations indicate that maize was an important resource for infant-weaning, and comprises a more obvious portion of childhood diet than that of adults.*

**Key words:** Arica, carbon and nitrogen isotopes, paleodiet, maize, weaning.

El estudio de la variedad de recursos y sus opciones de consumo en la prehistoria es una perspectiva interesante para investigar los procesos bioculturales, incluyendo la vulnerabilidad ambiental, la identidad cultural, la presencia o ausencia de redes de intercambio y la organización sociopolítica. En la prehistoria del desierto de Atacama el uso de los recursos agrícolas es particularmente importante, considerando las condiciones ambientales y biogeográficas imperantes como la hiperaridez extrema, sumado a la escasa variedad de plantas y a los procesos de expansión de diferentes señoríos y estados andinos (Santoro et al. 2005; Vinton et al. 2009; entre otros).

Las primeras evidencias de mazorcas de maíz se han documentado en los valles costeros del norte de Chile a partir del periodo Formativo Tardío (2500 años AP) (Muñoz 1987; Rivera 1980), el cual aparece asociado a otros cultígenos como camote, calabaza y ají. Estos productos cultivados no tienen antecedentes silvestres en el desierto de Atacama, por lo que es altamente probable que hayan sido importados desde los valles mesotérmicos ubicados al este de los Andes o desde las tierras bajas del oriente (Muñoz 2004; Núñez 1989; Rivera 2005). Junto con la introducción del maíz en el norte de Chile, surgen las primeras aldeas asociadas a campos de cultivo y sistemas de canales para irrigación, tal como se han documentado

\* Este manuscrito fue editado por el Dr. Douglas Ubelaker, editor de línea en Bioantropología de Chungara Revista de Antropología Chilena.

<sup>1</sup> Department of Anatomy, University of Otago, Dunedin, New Zealand. charlotte.king@otago.ac.nz; sian.halcrow@otago.ac.nz

<sup>2</sup> Instituto de Alta Investigación, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile. barriazaarica@gmail.com

<sup>3</sup> Departamento de Antropología, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile. vivien.standen@gmail.com; imuñoz@uta.cl

<sup>4</sup> Department of Archaeology, Durham University, Durham, United Kingdom. a.r.millard@durham.ac.uk

<sup>5</sup> Department of Earth Sciences, Durham University, Durham, United Kingdom. d.r.grocke@durham.ac.uk

en Ramadita, Guatacondo, Caserones y Azapa (Muñoz 2004; Núñez y Santoro 2011; Rivera 2005; Urbina et al. 2012; entre otros).

En Arica, se han documentado marlos de maíces en el asentamiento habitacional Formativo Az-83 (Rivera 1987) y en los túmulos Az-70 (Focacci y Erices 1973), Az-122 y en el cementerio Az-115 (Muñoz 2017), cuya variedad parecería corresponder al tipo Piricincó Coroico, la misma que el taxónomo Galinat identificó para Tiliviche (Núñez 1986). Estas evidencias reflejarían, posiblemente, una tradición antigua de maíces cultivándose en Azapa y Tiliviche, tema aun en debate (Núñez 1986).

El conocimiento del ambiente del valle de Azapa, desde los tempranos asentamientos de Acha, sumado a la buena calidad del agua presente en este valle, permitió que se desarrollara la agricultura del maíz y otros cultivos como ají, camote, poroto pallar, poroto negro y mandioca. Esta potencialidad del cultivo de variados productos agrícolas fue un incentivo para que los pescadores exploraran y ocuparan el valle, sin dejar de lado la explotación de los recursos marinos (Muñoz y Gordillo 2016).

Por su parte, en el valle de Moquegua, durante la interacción con Tiwanaku (600-1100 DC), se incrementa la economía basada en el consumo de maíz, tanto ceremonial como doméstico (Goldstein 2003). Sin embargo su producción y consumo más evidente, política y económicamente, se da con la expansión del Estado Inka (1400-1536 DC). Durante el Inkanato el maíz fue el sustento nutritivo del cuerpo así como de la esfera social, adquiriendo una importancia simbólica central, convirtiéndose en un símbolo del poder de los gobernantes y parte indispensable de las reuniones sociales a través del brindis ritualizado con chicha de maíz (Bauer 1996). Por lo tanto, el estudio directo del consumo de maíz en regiones periféricas al inkanato y previamente a Tiwanaku, resulta muy útil para contrastar hipótesis sobre el grado de influencia que estos estados hegemónicos tuvieron.

En Arica, durante el periodo Medio el cultivo del maíz fue preponderante, puesto que se registra en las basuras de los asentamientos, como en el Pucara de San Lorenzo (Az-11), la aldea Az-29, y en las ofrendas de las tumbas de variados cementerios (Az-75, Az-115, Az-6, Az-3, entre otros; Muñoz y Gordillo 2016). Durante el periodo Intermedio Tardío se produce una situación similar al periodo Medio. Un ejemplo lo constituye la aldea de Cerro Sombrero (Az-28), en cuya estratigrafía lo más relevante como producto de subsistencia corresponde al maíz (Muñoz 1983).

Considerando esta macroevidencia de maíces (hojas, mazorcas, harinas, etc.) encontrada en cementerios,

sitios habitacionales y basurales, entonces cabe preguntarse ¿hasta qué punto esta evidencia material refleja un consumo directo del maíz? Por ejemplo, en el túmulo Az-122, en restos de coprolitos humanos, se identificaron epidermis de maíz, porotos, ají y cebollín (Muñoz 1987; Rivera 1980). Por su parte los estudios de almidones en sarro dental de varios grupos tardíos de Arica y Camarones (PLM-4, Az-8 y Cam-9) reflejan un consumo de diversas especies vegetales (maíz y poroto, entre otros) en concordancia con las plantas ofrendadas en las tumbas (Arriaza et al. 2017). Las patologías bucales (caries y pérdida de piezas dentales) también se incrementan con el desarrollo e intensificación de la agricultura, producto del consumo de maíz y otros vegetales (Alfonso et al. 2007; Watson et al. 2010, 2013). Entonces también cabe preguntarse ¿cómo se comparan estos datos cualitativos con los análisis químicos que permiten una cuantificación más directa de los vegetales consumidos?

En resumen, este trabajo tiene como objetivo general evaluar el impacto del consumo del maíz durante los periodos de mayor interacción social entre las poblaciones locales con los centros políticos altiplánicos, mediante tres enfoques: (1) identificar cambios en el patrón dietario a través del tiempo; (2) comparar los resultados locales con datos publicados para otras regiones andinas; y (3) conocer y explorar la dieta de los infantes durante el proceso de destete. Esto nos permitirá debatir expresiones de identidad cultural local sobre la subsistencia, extrapolar patrones de intercambio y analizar el efecto que el ambiente del desierto pudo haber tenido en las prácticas culturales de producción y consumo del maíz. Por otro lado nos permitirá no solo conocer la dieta de los adultos, sino también debatir cuál habría sido el primer alimento sólido que ingerían los infantes durante el proceso de destete.

El maíz puede ser consumido en diferentes formas (fresco, en forma de harina, etc.), además es un alimento óptimo para ser ingerido por los niños en la fase del destete (Katzenberg et al. 1993), ya que se puede preparar en forma de papilla (*gruel*). Así entonces su consumo como alimento de destete o la ausencia de su uso, puede informarnos sobre si se estaban siguiendo las prácticas de destete descritas para el inkanato. Con la reserva que implica la información de los cronistas, Garcilaso de la Vega (2009[1609]:Cap. XI) da una descripción de la edad del destete durante el inkanato y señala que si la madre tenía abundante leche a los niños no les daban comida sólida:

“Destetábanlos de dos años arriba y les trasquilaban el primer cabello conque habían nacido, que hasta entonces no tocaban en él, y les ponían el nombre propio que había de tener” (Garcilaso

2009[1609]:189). También agrega, “Si la madre tenía leche bastante para sustentar su hijo, nunca jamás le daba de comer hasta que lo destetaba, porque decían que ofendía el manjar a la leche” (Garcilaso de la Vega 2009[1609]:191).

Las investigaciones sobre la paleodieta centradas en el periodo Medio, en el Centro Sur andino, han sugerido que durante la interacción con Tiwanaku la dieta fue dominada por el consumo del maíz. Pero ¿se generó la misma respuesta cultural en todos los pueblos con los que Tiwanaku interactuó o influyó? Goldstein (2003) ha sugerido que el maíz constituía hasta el 75% de la dieta durante este periodo, en los valles del sur de Perú, incluso en zonas donde las limitaciones ambientales impiden su cultivo local (Finucane et al. 2006; Goldstein 2003; Slovak y Paytan 2011). En el valle de Osmore, por ejemplo, el consumo del maíz varió según los diferentes nichos ecológicos dentro del mismo valle (Zaro 2007). En el área de San Pedro de Atacama, los niveles precisos de consumo de maíz parecen haber variado en función del estatus de la población (Hubbe et al. 2012), aunque una dieta basada en el maíz fue relativamente ubicua (Nado et al. 2012). En otras áreas, los análisis isotópicos de paleodieta indican cierto nivel de restricción ambiental en las elecciones de alimentos. Por su parte, las economías de amplio espectro también parecen haberse mantenido a través del tiempo, como en el caso de Caleta Vitor, en el extremo norte de Chile (Roberts et al. 2013).

En este trabajo entonces nos proponemos conocer, mediante el estudio de isótopos de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) y nitrógeno ( $\delta^{15}\text{N}$ ), cuál habría sido el grado de dependencia del maíz entre las comunidades locales durante los periodos Formativo, Medio y Tardío. Diversas líneas de evidencia arqueológica en estos valles costeros señalan interacciones, directas o indirectas, con Tiwanaku. Por ejemplo, queros y tazones asociados al consumo ritual de la chicha de maíz son comunes en los contextos funerarios (Focacci 1983). Por otro lado, estudios arqueológicos y documentos históricos señalan que el valle de Lluta era un importante centro para la producción de maíz durante su anexión al Imperio Inka (Santoro et al. 2003; Vinton et al. 2009). Sin embargo, la evidencia bioarqueológica directa para el consumo intensivo de maíz es aún algo limitada. Así entonces, es importante profundizar si el maíz era cultivado en la zona para su redistribución y/o si era también consumido localmente. Una forma de dar respuesta a esta problemática es mediante el análisis isotópico a granel del colágeno humano. Mediante este enfoque metodológico se puede establecer el nivel y los tipos de cultivos agrícolas básicos consumidos por las poblaciones prehispánicas. Además comparando nuestros resultados con el

de otras poblaciones andinas de Perú y Chile, podremos comprender cómo los diferentes ambientes y las poblaciones más periféricas (p.ej. Arica) pudieron haber sido afectadas por el consumo o sobre dependencia de maíz.

Por otro lado, el estudio de los perfiles isotópicos incrementales de la dentición decidua nos permitirá debatir si la papilla de maíz era utilizada como alimento de destete y evaluar posibles consumos diferenciados de los recursos, entre la infancia y la adultez.

### **El empleo de técnicas isotópicas para la reconstrucción de paleodietas**

El análisis de isótopos estables de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  a partir del colágeno humano permite una comprensión de la dieta de los pueblos pasados, ya que es posible diferenciar el consumo de recursos marinos versus terrestres, las rutas fotosintéticas de los recursos vegetales utilizados, el nivel trófico de los alimentos consumidos y la cantidad de carne consumida (Lee-Thorp 2008). Las plantas son fijadoras de carbono y los isótopos de carbono se fraccionan sobre la base de la ruta fotosintética de las plantas  $\text{C}_3$  vs  $\text{C}_4$ . Las plantas  $\text{C}_3$  favorecen la fijación del isótopo más liviano  $^{12}\text{C}$ , resultando en un valor  $\delta^{13}\text{C}$  más negativo (una relación estandarizada de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) (Ambrose y Norr 1993). En el desierto de Atacama, la quinua, tubérculos y legumbres (por ejemplo frijoles) son cultivos  $\text{C}_3$  y son diferenciables de los cultivos  $\text{C}_4$  como el maíz (menos enriquecido en  $^{12}\text{C}$ ). Los isótopos de carbono también pueden usarse para investigar el consumo de recursos marinos, donde la concentración de  $^{13}\text{C}$  en carbonato marino resulta en valores mucho más positivos de  $\delta^{13}\text{C}$  en los recursos marinos que en plantas  $\text{C}_3$  (Craig 1953).

En relación al nitrógeno, sus proporciones isotópicas varían con el nivel trófico. Cada paso en la cadena alimenticia da como resultado un aumento entre 2 y 6‰ en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (DeNiro y Epstein 1981; O’Connell et al. 2012). Esto significa, en general, que en ausencia de consumo de recursos acuáticos, los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  pueden estar relacionados con los niveles de consumo de carne terrestre. Sin embargo, como las cadenas alimentarias marinas tienden a involucrar más pasos, el consumo de recursos marinos resulta en valores de  $\delta^{15}\text{N}$  especialmente altos (Minagawa y Wada 1984). El nitrógeno terrestre en el desierto de Atacama también se enriquece de forma natural en  $^{15}\text{N}$ , comparado con otras áreas del mundo. Las condiciones áridas de este desierto, dan lugar a la volatilización de compuestos nitrogenados tales como amoníaco y este proceso involucra preferentemente al isótopo más liviano  $^{14}\text{N}$ , resultando en una concentración del  $^{15}\text{N}$  en suelos y

follaje (Amundson et al. 2003). Este enriquecimiento se realiza a lo largo de la cadena alimentaria, elevando sistemáticamente los valores  $\delta^{15}\text{N}$  esperados en todos los niveles tróficos. En la Figura 1 se presentan los valores típicos de isótopos para los recursos que habrían estado disponibles para los habitantes prehistóricos del desierto de Atacama (incluidos los recursos agrícolas incorporados durante el periodo Formativo).

El colágeno está presente tanto en el hueso como en la dentina de los dientes y puede analizarse en cualquiera de estos tejidos. El hueso, sin embargo, se remodela a lo largo de la vida, mientras que la dentina es estable y se forma gradualmente durante la niñez (aparte de pequeños depósitos de dentina secundaria que se forman a lo largo de la vida). Esto significa que los valores de colágeno óseo son una señal dietaria más homogeneizada, representando el periodo completo durante el cual un hueso puede haber sido remodelado, hasta los últimos 10 años antes de la muerte de un individuo adulto (Hedges et al. 2007). Los valores de la dentina, en cambio, pueden ser relacionados con un periodo específico de la infancia, después de eliminar la dentina secundaria. Así entonces, es posible indagar en la dieta comparando diversos tipos de matrices (colágeno óseo adulto vs. dentina en dientes deciduos) y acercarnos a develar la dieta de los niños, una especie de reconstrucción biográfica de la dieta de cada persona, estudios que eran impensables décadas atrás. Estas técnicas de muestreo incremental del colágeno de la dentina, mediante el corte de secciones de los dientes deciduos, que representan aproximadamente 2-3 meses de vida (Beaumont y Montgomery 2015) permiten rastrear cambios dietarios de corta duración. En este estudio nos centramos en los dientes que se forman en la primera infancia. El uso de estas técnicas permite evaluar la importancia de diferentes productos agrícolas como alimentos complementarios en la dieta y comprender la importancia potencial del maíz durante el periodo de destete.

El proceso de destete ha sido bien caracterizado por estudios isotópicos previos (Fuller et al. 2006; Tsutaya y Yoneda 2015). Los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  en un lactante se elevan en un 2-3‰ durante la lactancia ya que, en efecto, los niños consumen la proteína de su madre (Fogel et al. 1989; Millard 2000). A medida que su dieta se suplementa con alimentos más sólidos o el suministro de la leche materna disminuye, los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  decaerán hasta alcanzar los niveles típicos de los adultos, cuando el destete se considera completo. Las curvas de destete de isótopos de carbono típicamente siguen un patrón similar a las de nitrógeno, ya que los isótopos de carbono también muestran un cambio de nivel trófico

de aproximadamente 1‰ (Fuller et al. 2006). Sin embargo, si el niño es destetado reemplazando la leche materna por el consumo de cultivos  $\text{C}_4$  y éstos no forman un componente importante de la dieta adulta, entonces se esperaría que esto se refleje en valores de  $\delta^{13}\text{C}$  crecientes a través del proceso de destete (Beaumont et al. 2015; Dupras y Tocheri 2007).

## Materiales y Métodos

Las muestras analizadas en este estudio provienen de 13 sitios arqueológicos de los valles costeros de Azapa y Camarones, correspondientes a los periodos Formativo, Medio, Intermedio Tardío y Tardío (King et al. 2018), con economías de amplio espectro que incluyó la agricultura y la explotación de recursos marinos (Tabla 1). Se analizaron un total de 96 individuos, 73 adultos y 23 infantes<sup>1</sup>. De la muestra adulta, 33 fueron masculinos, 35 femeninos y 5 indeterminados. La estimación del sexo en las muestras esqueléticas fue realizada por los autores [CLK y VGS] utilizando los estándares de Buikstra y Ubelaker (1994). La edad de los individuos fue determinada de acuerdo a la evaluación de la morfología de la sínfisis púbica (Brooks y Suchey 1990) y de la superficie auricular (Lovejoy et al. 1985), teniendo en cuenta la fusión epifisaria en el caso de los adultos jóvenes (Scheuer y Black 2000). Los adultos fueron agrupados en cuatro categorías etarias: adulto joven (18-35 años), adulto mediano (35-50 años), adulto maduro (mayor de 50 años) y adulto indeterminado (sin rango preciso). La edad de los individuos subadultos se estableció mediante el desarrollo dental (AlQahtani et al. 2010) y de los centros de osificación secundaria (Scheuer y Black 2000).

Esta muestra nos permitió investigar las variaciones dietarias de los diferentes grupos que habitaron la región de Arica en su dimensión temporal y espacial. Se compararon los valores dietarios del colágeno óseo de adultos, con los resultados isotópicos incrementales de la muestra de infantes (23 molares deciduos). Los detalles de la muestra incremental utilizada en este estudio se presentan en el AnexoTabla S1 (edad del individuo, diente muestreado, número de incrementos y periodo de vida representado). Tanto en el estudio de la muestra de colágeno óseo como en el incremental (dentina), se evaluó la calidad del colágeno utilizando los estándares del laboratorio de Arqueología de la Universidad de Durham (basado en DeNiro 1985) y se consideró de buena calidad si la relación C/N era entre 2,9 y 3,6 con un 35-50% de carbono y un 11-16% de nitrógeno.

Es importante tener en cuenta que los valores isotópicos del colágeno representan el componente

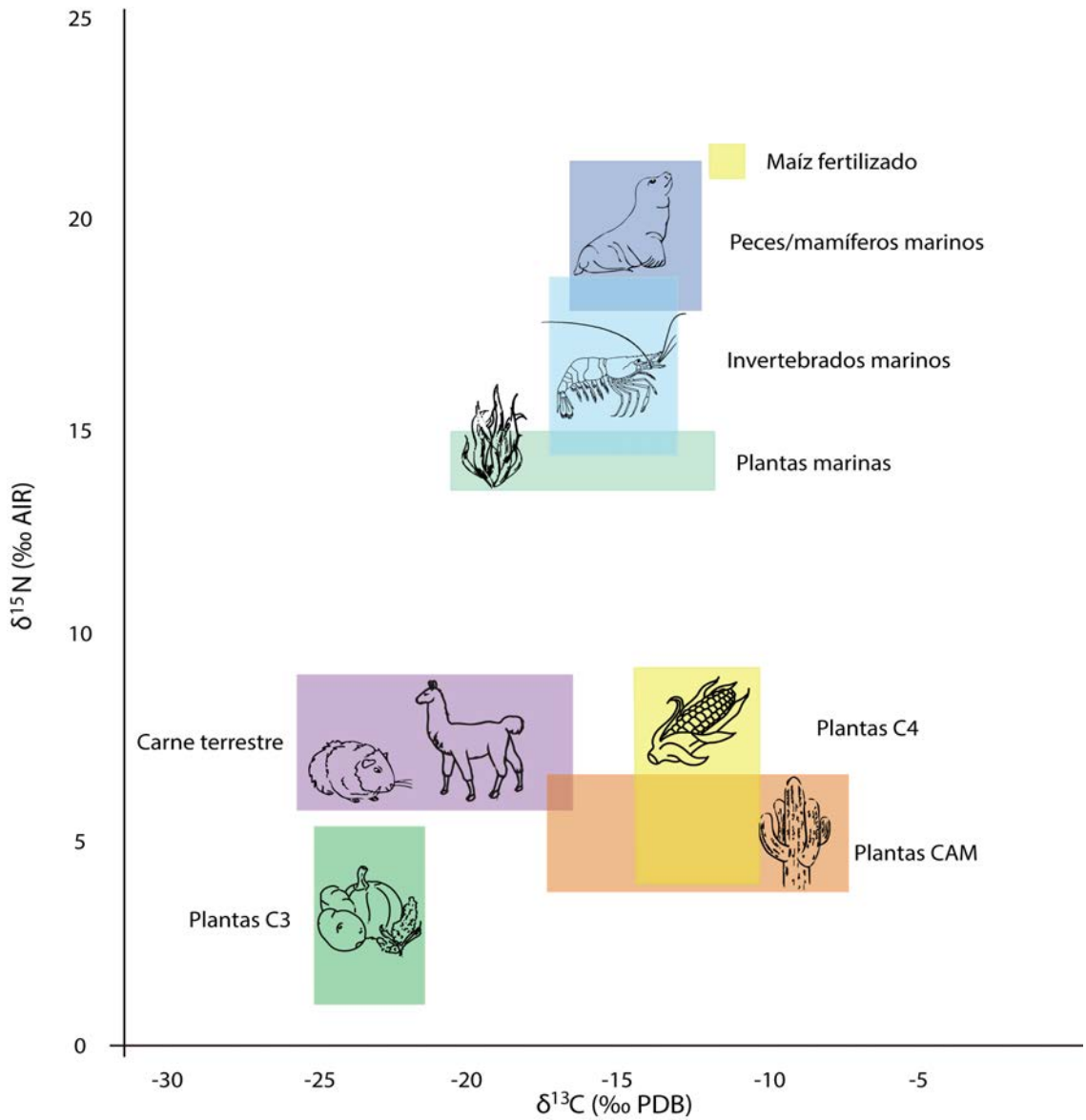


Figura 1. Valores isotópicos típicos de los recursos marinos y terrestres presentes en el desierto de Atacama. Los datos basales isotópicos han sido tomados de investigaciones previamente publicadas (Szpak et al. 2012; DeNiro y Hastorf 1985; Tieszen y Chapman 1992; Cadwallader et al. 2012).

*Typical isotopic values for agricultural and endemic resources present in the prehistoric Atacama Desert. Isotopic baseline data compiled from previously published works (Szpak et al. 2012; DeNiro and Hastorf 1985; Tieszen and Chapman 1992; Cadwallader et al. 2012).*

Tabla 1. Sitios muestreados y número de individuos analizados en esta investigación.  
*Sites sampled and number of individuals analyzed as part of this study.*

Sitio	Periodo	Ubicación	Subsistencia	Número de individuos analizados
Az115	Formativo	Valle de Azapa	Agromarítima	14
Az14	Formativo	Valle de Azapa	Agromarítima	8
Az141	Medio	Valle de Azapa	Agricultura	5
Az6	Medio	Valle de Azapa	Agricultura	5
Az11	Intermedio-Tardío	Valle de Azapa	Agricultura	5
Az8	Intermedio-Tardío	Valle de Azapa	Agricultura	13
Cam8	Tardío	Costa de Camarones	Marítima	10
Cam9	Tardío	Costa de Camarones	Marítima	15
Total				75

proteico de la dieta, en lugar de la dieta en general (Lee-Thorp et al. 1989). El análisis del esmalte permite la evaluación de toda la dieta, y podría contribuir a distinguir entre fuentes de alimentos isotópicamente similares (como alimentos marinos y maíz fertilizado). Sin embargo, las restricciones de muestreo impidieron incluir el análisis del esmalte en nuestro estudio. Como el maíz es bajo en proteínas, puede estar subrepresentado en los resultados de colágeno, pero aún así esperaríamos que los cambios en sus niveles de consumo se reflejen en nuestros resultados.

Previo a la extracción de colágeno de las muestras óseas (100-200 mg), se empleó un procedimiento de desgrasamiento equivalente al usado en el análisis de hueso moderno (O'Connell et al. 2001). Las muestras se lavaron en agua desionizada y después se sonicaron en tubos de ensayo que contenían una solución de 2:1 metanol:cloroformo durante 2 horas, cambiando el disolvente cada 30 minutos. La dentina decidua se preparó siguiendo el método 2 de Beaumont et al. (2013). El esmalte y la dentina secundaria fueron removidas antes que toda la muestra fuera desmineralizada. Después que la dentina primaria fue desmineralizada, se cortaron incrementos de 1 mm utilizando un bisturí de acero quirúrgico. Ambas muestras, hueso y colágeno de la dentina, se prepararon siguiendo el método de Longin modificado (Longin 1971), desmineralizado en HCl 0,5M, gelatinizada en una solución de HCl pH3 a 75°C durante la noche, centrifugada y decantada para separar las partículas que quedan liofilizadas.

Se realizaron análisis de carbono orgánico total, contenido de nitrógeno total y análisis de isótopos estables de las muestras, utilizando un Analizador *Elemental Costech* (ECS 4010) conectado a un espectrómetro de masas de proporción de isótopos *Delta V Advantage de ThermoFinnigan*. Las proporciones de isótopos de carbono se corrigieron para la

contribución de  $^{17}\text{O}$  y se registró en notación estándar delta ( $\delta$ ) en por mil (‰) con respecto a *Vienna Pee Dee Belemnite (VPDB)*. La exactitud isotópica se monitoreó a través de análisis de rutina de estándares internos, los cuales fueron rigurosamente calibrados con estándares internacionales (por ejemplo, USGS 40, USGS 24, IAEA 600, IAEA N1, IAEA N2): esto proporcionó un rango lineal en el  $\delta^{13}\text{C}$  entre  $-46,7\text{‰}$  y  $+2,9\text{‰}$  y valores en el  $\delta^{15}\text{N}$  entre  $-4,5\text{‰}$  y  $+20,4\text{‰}$ . La incertidumbre analítica en el análisis de isótopos de carbono y nitrógeno fue típicamente  $\pm 0,1\text{‰}$  para los análisis de repetición de los estándares internacionales y típicamente  $<0,2\text{‰}$  en el análisis de muestras repetidas (Anexo Tabla S2). Los datos de carbono orgánico total y nitrógeno se obtuvieron como parte del análisis isotópico usando un estándar interno (Ácido Glutámico, 40,82% C, 9,52% N).

El paquete estadístico R (2013) se utilizó para escribir y visualizar los datos recolectados. En un esfuerzo por aumentar la reproducibilidad de la investigación (Marwick 2017), los archivos .csv y los scripts R utilizados en este análisis se han puesto a disposición a través de un repositorio *GitHub* ([https://github.com/DrCharlieKing/Atacama\\_Bulk](https://github.com/DrCharlieKing/Atacama_Bulk)). Los valores de los datos modernos de flora y fauna terrestre fueron corregidos para el efecto *Suess* a niveles preindustriales usando datos de Francey et al. (1999). También existe un desplazamiento sistemático entre los valores de colágeno humano y los de la dieta consumida. Cuando se presentan datos humanos con datos de la red de alimentos disponibles, se corrige este desplazamiento dietario para permitir una visualización más fácil de los posibles componentes dietarios. La magnitud exacta de este desplazamiento ha sido debatida en la literatura (O'Connell et al. 2012), pero aquí usamos un conservador  $+5\text{‰}$  para la dieta-colágeno  $\delta^{13}\text{C}$  y  $+4\text{‰}$  para la dieta-colágeno  $\delta^{15}\text{N}$  según Bocherens y Drucker (2003).

Para calcular el periodo de tiempo representado por cada incremento de dentina se empleó el método de Beaumont y Montgomery (2015), que toma en cuenta la trayectoria de desarrollo de cada tipo de diente, su longitud y el nivel de desgaste, si es relevante. Reconocemos que los incrementos muestreados son cortes horizontales a lo largo de la dirección del crecimiento del diente. La geometría real del crecimiento dental, sin embargo, no es horizontal. Como resultado, nuestros incrementos de dentina se promedian en el tiempo y no representan puntos específicos, sino más bien rangos de edad de alrededor de 2-3 meses de duración (ver Beaumont y Montgomery 2015 para más detalles). Al usar el mismo método para calcular los tiempos incrementales para cada diente, estaremos comparando los valores isotópicos para la misma etapa de desarrollo en cada individuo, incluso si tenemos pequeños errores en el tiempo preciso representado.

## Resultados

### Resultados del colágeno óseo

La Figura 2 muestra los resultados del análisis del colágeno óseo con referencia a los datos de la red de alimentos recolectados en la región de Arica. Utilizamos elipses de confianza del 95%, en lugar de barras de error o cajas, para transmitir la distribución de los puntos de datos de una manera estadísticamente más significativa (Grove y Pearson 2014), permitiendo el análisis visual de las diferencias en el tiempo. La Tabla 2 presenta los valores isotópicos medios por fase con desviaciones estándar. Las pruebas ANOVA muestran que existen diferencias significativas, entre los periodos cronológicos, tanto en los valores medios de isótopos de carbono ( $F[4,67]=20,28$   $p<0,001$ ) como en los valores medios de isótopos de nitrógeno ( $F[4,67]=16,57$   $p<0,001$ ). Los resultados de las pruebas post hoc muestran que existen diferencias en los valores de isótopos de carbono entre el Formativo y todos los periodos posteriores (Anexo Tabla S3). Además existen diferencias significativas en los valores isotópicos de nitrógeno entre el periodo Tardío y todos los periodos anteriores (Anexo Tabla S3).

Se encontró que durante todos los periodos los individuos analizados utilizaron una dieta de amplio espectro, con valores de  $\delta^{15}\text{N}$  continuamente altos que indican el consumo persistente de una proporción de proteína marina, incluso en sitios de los valles. Durante el periodo Tardío los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  son los más altos, lo que indica una mayor dependencia de los recursos marinos, concordante con la proveniencia costera de las muestras. El consumo de recursos terrestres  $\text{C}_4$  es más alto durante el periodo

Medio, lo que se refleja en valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  más bajos durante este periodo, aunque sigue habiendo variaciones considerables en torno a los valores medios, lo que indica la continuación de hábitos dietarios de amplio espectro.

La Figura 3 presenta los resultados de este estudio con el de poblaciones relativamente contemporáneas de otras regiones (Aufderheide et al. 1994, 2002; Finucane 2009; Finucane et al. 2006; Knudson et al. 2007; Pestle et al. 2015a, 2015b, 2016a, 2016b; Petruzzelli et al. 2014; Roberts et al. 2013; Santana-Sagredo et al. 2015a, 2015b, 2016; Slovak y Paytan 2011; Torres-Rouff et al. 2012, 2015; Turner et al. 2010; Williams y Murphy 2013). Las pruebas ANOVA muestran que hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en todos los periodos ( $p < 0,0001$ ). Las pruebas Tukey muestran los grupos de población que son significativamente diferentes (Anexo Tabla S4-S7).

### Resultados del análisis incremental (colágeno de la dentina)

De los perfiles incrementales generados, ocho individuos tienen perfiles isotópicos de carbono que suben o mantienen valores altos cuando los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  disminuyen y se produce el destete (Figura 4). En un perfil de destete "normal", esperamos que los valores de isótopos de carbono disminuyan al mismo tiempo que los valores de nitrógeno. En estos perfiles, los valores de isótopos de carbono no disminuyen. Esto indica que otro proceso debe estar causando que se mantengan elevados. Consideramos estos perfiles como evidencia de la alimentación complementaria con recursos  $\text{C}_4$  muy probablemente maíz, el cual tiene valores de isótopos de carbono más positivos que otras fuentes de alimentos. La Tabla 3 presenta los probables tiempos de destete de los individuos analizados, esta edad y los problemas con su definición, se discuten en la siguiente sección del texto.

## Discusión

### Comparación de la dieta en la región de Arica con otros sitios contemporáneos de los Andes

Durante el periodo Formativo se observan diferencias estadísticamente significativas en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (Figura 3; Anexo Tabla S4-S7) entre áreas más focalizadas en recursos terrestres (Ayacucho, San Pedro de Atacama, río Loa y Tarapacá-40) y aquellas que parecen utilizar más recursos marinos (Caleta Vitor, Pisagua y los sitios de la costa de Tarapacá). Es interesante que los valores para el valle de Azapa calcen entre estos grupos, indicando

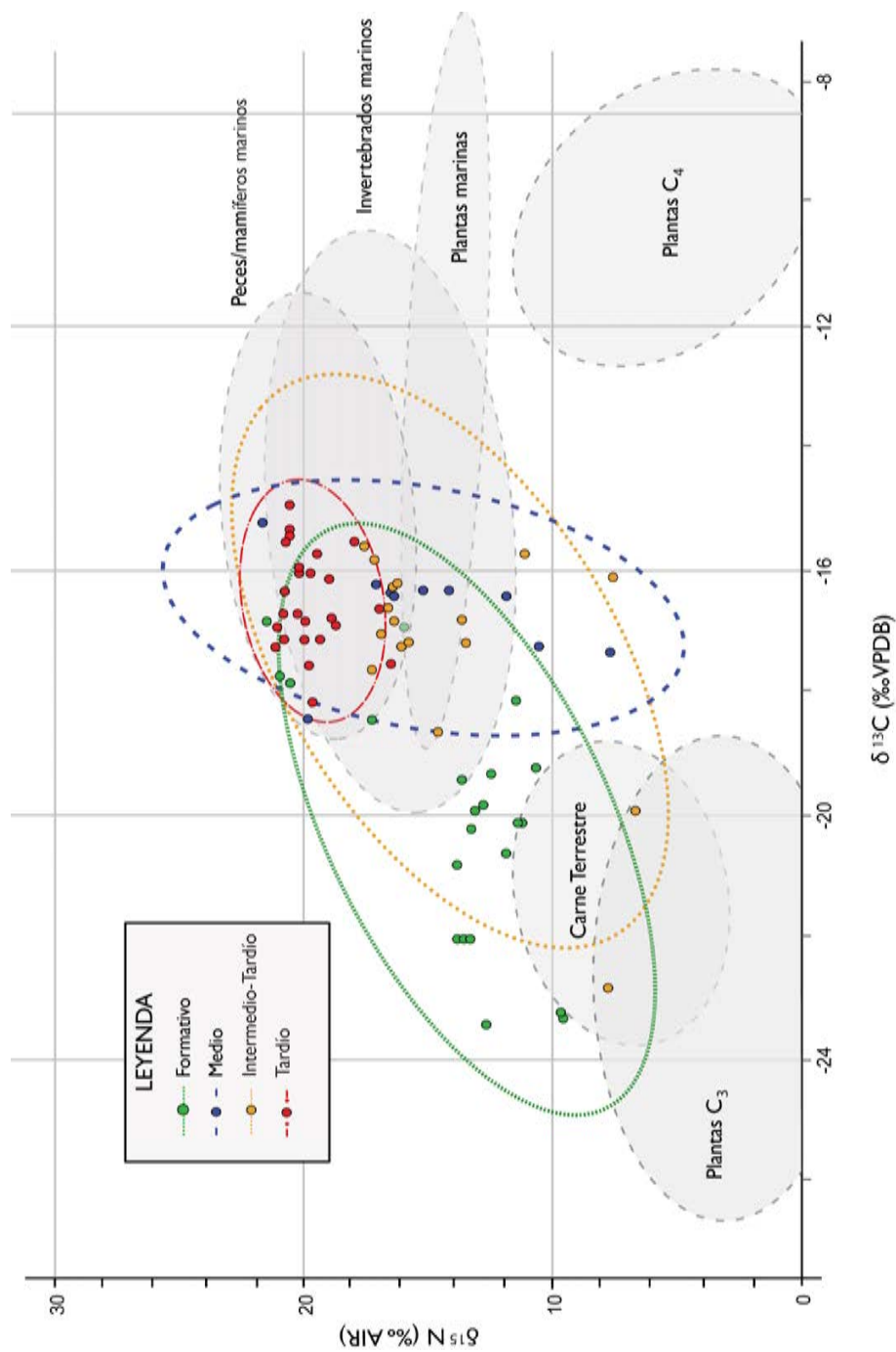


Figura 2. Resultados isotópicos del análisis del colágeno óseo con referencia a los datos de la red de alimentos recolectados en la región de Arica, adaptado de King et al. (2018). *Isotopic results from bone collagen measured as a part of this study. Results are presented with reference to baseline foodweb data collected from the Arica region, adapted from King et al. (2018).*



Tabla 2. Los valores isotópicos medios por los periodos cronológicos de Arica (con desviaciones estándar).

*Mean isotopic values for each chronological period in the Arica region (with standard deviations).*

Periodo	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ VPDB)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰ AIR)
Formativo	-15,1±1,97	17,5±3,09
Medio	-11,6±0,86	19,2±4,27
Intermedio- Tardío	-12,4±1,97	18,0±3,59
Tardío	-11,5±0,80	23,8±1,21

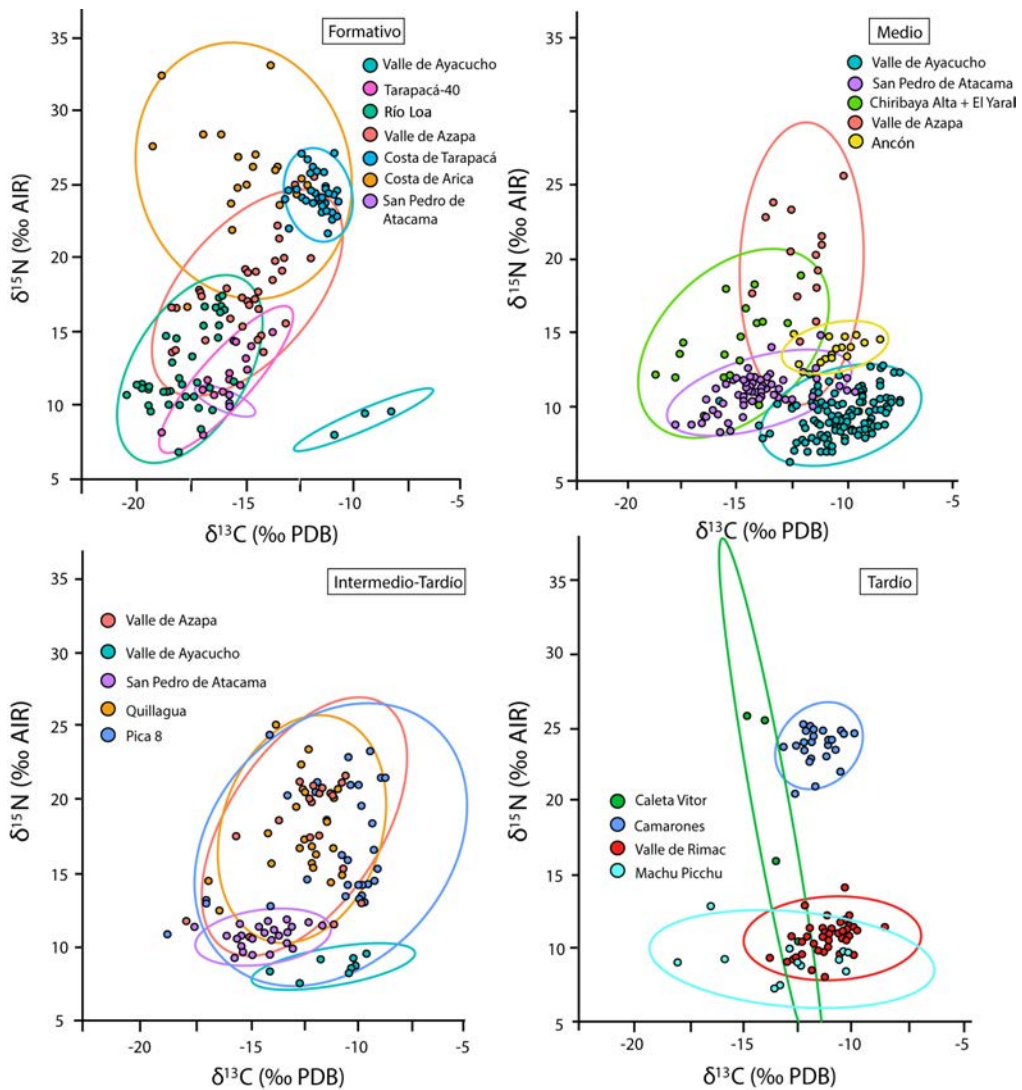


Figura 3. Comparación de los resultados isotópicos del valle de Azapa y Camarones (este estudio), con resultados previamente publicados, agrupados por ubicación geográfica (Aufderheide et al. 1994, 2002; Finucane 2009; Finucane et al. 2006; Knudson et al. 2007; Pestle et al. 2015a, b; 2016a, b; Petruzzelli et al. 2014; Roberts et al. 2013; Slovak y Paytan 2011; Torres-Rouff et al. 2012, 2015; Turner et al. 2010; Santana-Sagredo et al. 2015a,b; 2016; Williams y Murphy 2013).

*Comparison of Azapa Valley and Camarones results (this study) with previously published results from other areas of the northern Atacama Desert, grouped by geographic location (Aufderheide et al. 1994, 2002; Finucane 2009; Finucane et al. 2006; Knudson et al. 2007; Pestle et al. 2015a, b; 2016a, b; Petruzzelli et al. 2014; Roberts et al. 2013; Slovak y Paytan 2011; Torres-Rouff et al. 2012, 2015; Turner et al. 2010; Santana-Sagredo et al. 2015a,b; 2016; Williams y Murphy 2013).*

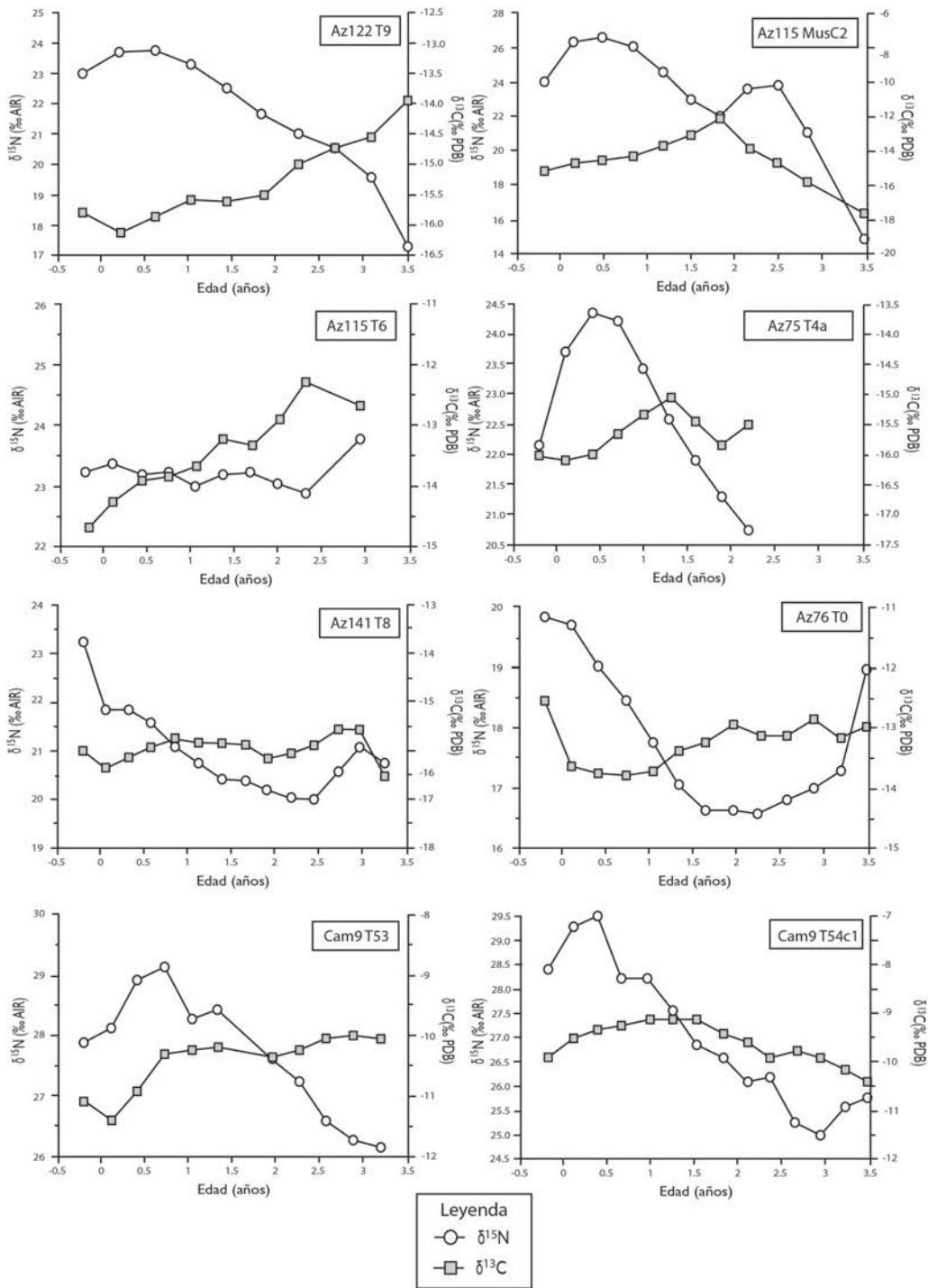


Figura 4. Perfiles isotópicos incrementales de los ocho individuos con evidencia de consumo de maíz durante el destete. Esto se observa en los valores  $\delta^{13}\text{C}$  (cuadrados grises) ascendentes o constantes cuando  $\delta^{15}\text{N}$  (círculos blancos) disminuyen, indicando que el consumo de los recursos  $\text{C}_4$  como la leche materna comienza a disminuir.

*Incremental isotopic profiles from the eight individuals with evidence for maize consumption during weaning. Note the increasing or consistent  $\delta^{13}\text{C}$  values (grey squares) as  $\delta^{15}\text{N}$  values (white circles) decrease, indicating  $\text{C}_4$  resource consumption as breast milk intake decreases.*

Tabla 3. Probables tiempos de destete de los individuos analizados.  
*Estimated weaning times of the individual analyzed using incremental isotopic techniques.*

Individuo	Edad de muerte (años)	Periodo	Tiempo en el que $\delta^{15}\text{N}$ comienza a disminuir	Probable edad de destete completo (años)
Az115 T6	3 años	Formativo	no se puede detectar el destete	no se puede detectar el destete
Az115 MusC2	5 años	Formativo	0,8	1,8
Az70 Tum2cr2	8-9 años	Formativo	1?	>3
Az122 T9	5 años	Formativo	1,4	no completamente destetado al final de la formación del diente (3,5 años)
Az75 T4a	2 años	Formativo	0,7	no completamente destetado al momento de la muerte
Az75 T56	2-3 años	Formativo	0,6	>2,5
Az115 T2	4-5 años	Formativo	1,25	?
Az6 T105 3/3	5 años	Medio	1,25	3
Az141 T4c2	4 años	Medio	1	2
Az141 T4c3	7 años	Medio	1,1	2,6
Az141 T8	7 años	Medio	?	?
Az8 T11	3 años	Medio	0,5	2
Az76 T13	8-9 años	Intermedio-Tardío	0,4	1,7
Az71 T315	3-4 años	Intermedio-Tardío	1	no completamente destetado al momento de la muerte
Az76 T7c	4 años	Intermedio-Tardío	?	?
Az11 T8a	6-7 años	Intermedio-Tardío	0,6	>3,3
Az76 T0	7-8 años	Intermedio-Tardío	1,1	1,8
Cam9 T32c1	18 meses	Tardío	no se puede detectar el destete	no se puede detectar el destete
Cam9 T54c1	4 años	Tardío	1	3,25
Cam9 T53	3-4 años	Tardío	0,7	3
Cam9 T27	8-9 años	Tardío	no se puede detectar el destete	no se puede detectar el destete
Cam9 T9	5 años	Tardío	0,5	2

que incorporan cantidades variables de recursos terrestres y marinos. En cambio, las diferencias en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  no son significativas, aunque en Ayacucho tienen valores significativamente más altos (Finucane 2009) (Anexo Tabla S4). Estos valores son similares a los presentados por Finucane (2009) y muestran que la dependencia del maíz aparece antes en el valle de Ayacucho que en las regiones cercanas contemporáneas (en el Formativo más que en el periodo Medio).

Durante el periodo Medio, sin embargo, las diferencias en los valores isotópicos entre las distintas áreas se hacen aún más acentuadas. Todas las regiones que se comparan en este estudio tienen valores isotópicos significativamente diferentes (Anexo Tabla S5). Las diferencias de valores de  $\delta^{15}\text{N}$  probablemente están relacionadas con diversos niveles de consumo de proteínas marinas, con los grupos de Azapa consumiendo significativamente más de este tipo de recurso que en otras regiones. El sitio costero de Ancón en Perú (Slovak et al. 2011) también muestra valores típicos del uso de recursos marinos, aunque estos no son tan altos como los de

Azapa. Por su parte, San Pedro de Atacama (Pestle et al. 2016a; 2016b; Uribe et al. 2016) y Ayacucho (Finucane et al. 2006; Finucane 2009) parecen estar dominados por el consumo de recursos terrestres, y San Pedro de Atacama mostrando aún valores  $\delta^{15}\text{N}$  significativamente más altos que Ayacucho. Esto se relaciona potencialmente con un mayor consumo de herbívoros terrestres en esta área, debido tal vez a la importante posición de San Pedro de Atacama en las rutas de tráfico e interacción con Tiwanaku. Los sitios de Ayacucho, por el contrario, mantienen los valores significativamente más altos de  $\delta^{13}\text{C}$  característicos del consumo de maíz, como se observó también para el Formativo (Figura 3; Anexo Tabla S5).

Algunos de los patrones dietarios del periodo Medio se mantienen durante el Intermedio Tardío. San Pedro de Atacama (Pestle et al. 2016a) y Ayacucho (Finucane 2009) conservan valores  $\delta^{15}\text{N}$  significativamente más bajos que los otros sitios, lo que indica una dependencia continua del medio terrestre. Los grupos de Azapa (este estudio), Quillagua (Santana-Sagredo et al. 2016) y Pica 8 (Santana-Sagredo 2015a), tienen valores  $\delta^{15}\text{N}$  significativamente

más altos. También hay una variación importante en la señal isotópica a nivel intra-sitio, lo que indica un aumento potencial de dietas de amplio espectro después del colapso de Tiwanaku y Wari.

Existen pocas muestras comparativas para contextualizar nuestros resultados del periodo Tardío. Sin embargo, las muestras que han sido analizadas son significativamente diferentes isotópicamente entre sí. Solo la población del valle de Rimac muestra valores isotópicos típicos de un régimen agrícola dominado por  $C_4$  (maíz) (Williams y Murphy 2013). Aunque en el sitio Inka central de Machu Picchu (Turner et al. 2010) hay algunos individuos que tuvieron una dieta dominada por el maíz, se mantiene una variación intrasitio, lo que hace que los valores medios sean significativamente diferentes. Los resultados de Camarones (este estudio) son mucho más indicativos de una economía marítima, mientras que los de Caleta Vitor (Roberts et al. 2013) indican que se está empleando una amplia gama de opciones de uso de recursos (Figura 3; Anexo Tabla S6).

### **El consumo de maíz en las poblaciones periféricas a los estados andinos**

Los resultados para el periodo Formativo de la región de Arica son concordantes con estudios previos realizados en otras regiones del norte de Chile. En el río Loa (Pestle et al. 2015a; Torres-Rouff et al. 2012) y Tarapacá (Santana-Sagredo et al. 2015b), los incipientes agricultores parecen haber utilizado una amplia gama de recursos terrestres y marinos. La excepción son los resultados de Ayacucho, en la sierra sur de Perú (Finucane 2009), que parecen indicar una economía dominada por el maíz, antes del surgimiento de los señoríos de las tierras altas.

Durante el Horizonte Medio el aumento en el uso de recursos  $C_4$  es claramente visible en la mayoría de las regiones andinas. En particular, en los sitios entorno al centro político Wari (Finucane 2009) y los del oasis de San Pedro de Atacama (Pestle et al. 2016a; 2016b) parecen haber tenido una fuerte dependencia del maíz (Figura 5). Sin embargo, nuestros resultados para la región de Arica se alejan de este patrón. Mientras que, en general, los valores isotópicos reflejan más entrada de  $C_4$  con relación al periodo Formativo, no parecen ser tan dependientes del maíz como otros grupos previamente estudiados de otras regiones andinas. En cambio, conservan una amplia base de recursos durante toda la prehistoria, con altos valores de  $\delta^{15}N$  probablemente reflejando la mantención del consumo de recursos marinos. Por su parte en San Pedro de Atacama, es probable que la participación en las importantes redes de interacción e intercambio con Tiwanaku (Figura 5) influyera en la elección de los recursos. Durante el Horizonte

Medio en los Andes, los grupos de Ayacucho son los más dependientes del maíz (Finucane 2009). Esto es interesante, ya que es el único sitio en este estudio comparativo, que corresponde a un centro político Wari. Se ha sostenido que el Estado Wari habría impuesto un mayor grado de control político y cultural sobre sus territorios que Tiwanaku, posiblemente esto también implicó un mayor énfasis en el consumo de maíz (Janusek 2008; Smith y Schreiber 2006).

Para contextualizar la dependencia del maíz y la anexión al imperio Inka de las distintas regiones andinas, existen pocas muestras comparativas. Sin embargo, es evidente que los resultados paleodietarios de la región de Arica son significativamente diferentes a los del valle de Rimac (Figura 3) (Williams y Murphy 2013). En los sitios costeros de Camarones, la dieta fue predominantemente dependiente de los recursos marinos, en contraposición a las dietas claramente basadas en maíz de las muestras de la costa central peruana. Los valores de los individuos de Camarones se alinean estrechamente con los observados para el periodo Arcaico costero (Aufderheide et al. 1993; 1994) donde la caza, pesca y recolección marina eran la base de la subsistencia (Standen et al. 2014; 2018).

Estudios previos de coprolitos y la evidencia de parásitos intestinales por el consumo marino durante el periodo Tardío, han postulado que bajo el régimen Inka, las poblaciones locales del valle de Lluta, consumieron menos maíz como resultado del sistema de tributación de las *mit'as* (Santoro et al. 2003; Vinton et al. 2009). Sin embargo, nuestros resultados no son concluyentes para corroborar dicha hipótesis.

*¿El consumo de maíz estaría relacionado con la dependencia de los centros políticos Andinos o con el medio ambiente?*

Además de los posibles problemas culturales que implican la redistribución de los recursos, también reconocemos que el uso persistente de los recursos marinos del valle de Azapa y mayor consumo en los sitios de Camarones de los periodos Tardíos, probablemente sea en parte, consecuencia de la proximidad de estas poblaciones a la línea de costa. Esta continua dependencia de los recursos marinos en todos los sitios costeros es concordante con la evidencia arqueológica (tecnología y subsistencia). El océano Pacífico es una fuente rica, diversa y abundante en recursos marinos que sirvieron de alimentos. En cambio, los cultivos, especialmente en el desierto de Atacama, son vulnerables a los factores climáticos y plagas y además requieren tiempo de crecimiento y maduración antes de su cosecha.

Sin embargo durante el periodo Tardío en la región de Arica, se podría esperar que la presencia del Inka resultara en un mayor nivel de dependencia del

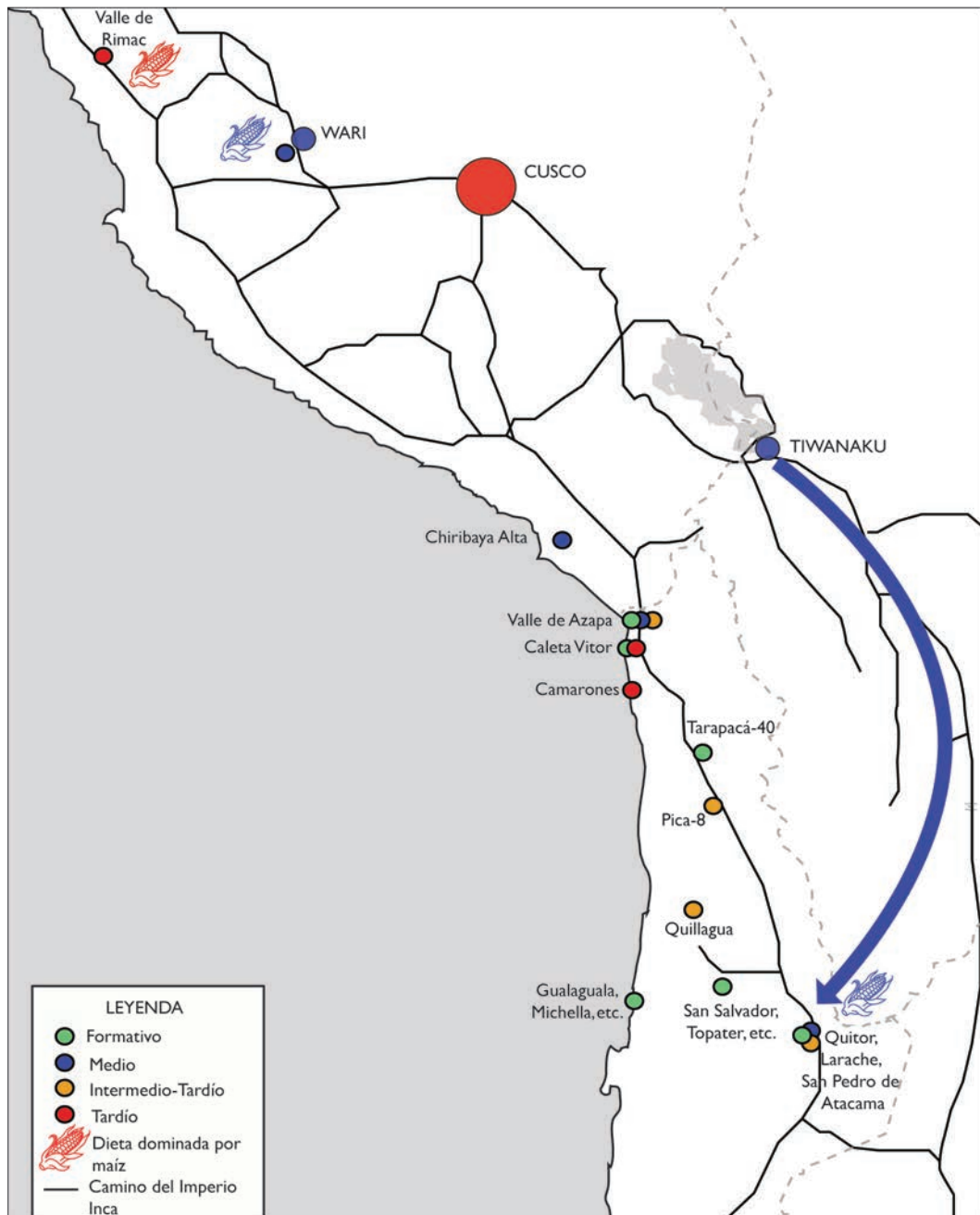


Figura 5. Mapa que muestra la ubicación de los sitios en relación con las rutas comerciales de Tiwanaku a San Pedro de Atacama (flecha azul), caminos Inka (líneas negras continuas) y centros políticos (círculos rojos y azules grandes). Los periodos arqueológicos representados en cada uno de los sitios se presentan como círculos de colores diferentes. Los sitios con señal isotópica que indican altos niveles de consumo de maíz están marcados con mazorcas de maíz (azul = Medio, rojo = Tardío).

Map showing the location of sites relative to trade routes associated with Tiwanaku to San Pedro de Atacama (blue arrow), Inka roads (black lines), and political centres (large red and blue circles). The archaeological periods represented in each of the sites are shown using different coloured circles. The sites with isotopically identifiable high levels of maize consumption are marked with a maize symbol (blue = Middle Period, red = Late Period).

maíz, incluso con la proximidad al océano. El cultivo de maíz era una estrategia para ejercer el control político de los pueblos conquistados por el Inka (Murra 1980). Su consumo debió ser omnipresente en cualquier lugar donde el imperio ejercía su influencia (Goldstein 2003). De hecho, la evidencia de la cultura material destaca la importancia ceremonial de la chicha en Camarones (Arriaza et al. 2015), y los altos niveles de caries dentales y pérdida de dientes antemortem indican que existió un componente de almidón en la dieta (Arriaza et al. 2017). La evidencia isotópica, sin embargo, muestra que el maíz no fue la base de la dieta, aunque su consumo pudo haber sido ritualmente importante.

### Las prácticas culturales de la alimentación infantil y la dieta durante la niñez

En contraste a la evidencia dietaria de los adultos, en los infantes se observa una clara señal isotópica del consumo del maíz como alimento para el destete (p.ej. Cam9 T54c1). Si bien el uso de papilla de maíz como alimento de destete es una práctica cultural Inka conocida, vemos evidencia de su consumo desde el periodo Formativo (Az115 y Az122). Es probable que la papilla de maíz se utilizara como alimento de destete desde su primera introducción en la región, ya que es una forma fácil de nutrición suplementaria (Katzenberg et al. 1993). Su uso, por lo tanto, no es necesariamente indicativo del seguimiento de las prácticas culturales Inka, sino que también indica la utilidad del maíz en relación con los recursos marinos en los primeros años de vida.

El momento en que el  $\delta^{15}\text{N}$  comienza a disminuir debería teóricamente representar el inicio del proceso de destete. Un infante necesita alimentos suplementarios para cumplir con sus requerimientos de energía a partir de los 6-8 meses. Es poco probable que sobrevivan más allá sin alimentación suplementaria. Por lo tanto, en los perfiles incrementales en los que el infante sobrevivió más allá de esta edad, sus valores de  $\delta^{15}\text{N}$  permanecen en el nivel de lactancia materna exclusiva, suponemos que otros procesos biológicos podrían inferir los valores isotópicos. Por ejemplo, el estrés fisiológico también puede aumentar el  $\delta^{15}\text{N}$ , pareciendo que no fueron destetados.

La edad probable del destete se infiere cuando los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  comienzan a nivelarse. Esta puede no ser la edad exacta del destete, sino simplemente el punto en el que la leche materna ya no es isotópicamente visible. En nuestra muestra de estudio, el momento en que ya no se detecta la leche materna en la dieta de la infancia oscila entre 1,75 y 3,5 años. Encontramos escasa evidencia de que las prácticas de destete descritas en las crónicas presenten un correlato en las

poblaciones locales bajo la influencia Inka. Aunque parece que hay un tiempo relativamente constante de destete en los infantes de Camarones (alrededor de 2,5 años), y excede en algunos meses a lo descrito por Garcilaso (2009[1609]). Si bien los cronistas no siempre dan información precisa y fidedigna, esta evidencia para un destete más tardío podría ser, en parte, el reflejo de la mantención de la identidad local y variaciones culturales, a pesar de la presencia Inka. En los sitios costeros del periodo Tardío, por lo tanto, tenemos imágenes contrastantes de la importancia del maíz. Los niños dependen de este recurso durante el destete y los adultos consumen mucho más proteína marina que cultivos terrestres.

### Incertidumbres isotópicas

Cabe señalar que los altos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de las poblaciones de Arica a lo largo de la secuencia cronológica podrían no reflejar necesariamente el uso continuo de los recursos marinos, sino ser resultado de la fertilización de los cultivos  $\text{C}_4$  con guano de aves marinas (Cadwallader et al. 2012). El abono de cultivos con fertilizantes con alto  $\delta^{15}\text{N}$ , como el estiércol de camélidos o el guano de aves marinas, hace que los cultivos asuman valores de  $\delta^{15}\text{N}$  muy superiores a los habituales. Esto puede dar como resultado que los cultivos  $\text{C}_4$  fertilizados sean isotópicamente indistinguibles de los recursos marinos. Sin embargo, el aumento de la caries y de la pérdida de dientes antemortem en las poblaciones costeras del periodo Tardío en relación con los grupos arcaicos, sugiere que los alimentos básicos, como el maíz, fueron consumidos (Alfonso et al. 2007; Arriaza et al. 2017). Si bien el análisis de aminoácidos específicos de compuestos o incluso el análisis de carbonato de apatita pueden resolver estos problemas, este trabajo aún no se ha realizado en los sitios de la región de Arica. Esto sigue siendo una vía para futuras investigaciones.

### Conclusiones

En la región de Arica si bien el maíz formó parte de la dieta de las poblaciones, desde los inicios de la agricultura, éste no llegó a ser culturalmente tan importante como para generar una sobredependencia, comparado con otras regiones de los Andes. Además, la posición periférica de los valles costeros de la región de Arica, en relación con los estados andinos, podría sugerir que la ideología que rodeaba al maíz no llegó a ser parte integral de la vida de las poblaciones costeras. Nuestros resultados en general, ponen de relieve el uso continuado de los recursos marinos durante todos los periodos, incluso en los sitios del valle de

Azapa. Es probable que la extrema productividad del medio marino regional significara que los recursos marítimos nunca fueron abandonados como fuente de alimento.

Por otro lado, nuestros resultados isotópicos incrementales muestran que el maíz sí formó un componente importante de la dieta de destete de algunos individuos; siendo posible que este recurso fue más importante durante los primeros periodos de la vida de los individuos que en la edad adulta, debido a su rol como alimento suplementario del destete.

*Agradecimientos:* Al Museo Arqueológico San Miguel de Azapa (MASMA) de la Universidad de Tarapacá, Arica - Chile, por toda la ayuda y acogida brindada. A Susana Monsalve y Anita Flores por su

ayuda en el Laboratorio de Antropología Física del MASMA. A Beth Upex, Steve Robertson y Graham Short por su ayuda durante el trabajo analítico en la Universidad de Durham. El financiamiento para esta investigación fue proporcionado por la Fundación Rutherford (beca postdoctoral de Rutherford de CK), Marsden Fund (UOO1413 de SH), University of Otago Research Grant (SH), Otago School of Medical Sciences Strategic Research Grant (SH); y FONDECYT 1170120 (BA); FONDECYT 1151046, ANILLO SOC1405 (VGS). Este trabajo cuenta con la autorización del CMN (Ord. 04152) Chile para publicar los resultados de esta investigación. Los autores también agradecen a los tres revisores anónimos y al Dr. Douglas Ubelaker, por sus útiles comentarios y sugerencias en su rol de editor de Línea de la revista *Chungara*, que permitieron mejorar el manuscrito.

## Referencias Citadas

- Alfonso, M.P., V.G. Standen y M.V. Castro 2007. The adoption of agriculture among northern Chile populations in the Azapa Valley 9,000-1,000 BP. En *Ancient Health. Skeletal Indicators of Agricultural and Economic Intensification*, editado por M. Cohen y G. Crane-Kramer, pp. 113-129. University of Florida Press, Gainesville.
- AlQahtani, S.J., M.P. Hector y H.M. Liversidge 2010. Brief Communication: The London Atlas of Human Tooth Development and Eruption. *American Journal of Physical Anthropology* 142 (3):481-490.
- Ambrose, S.H. y L. Norr 1993. Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate. En *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level*, editado por J.B. Lambert y G. Grupe, pp. 1-37. Springer, Heidelberg.
- Amundson, R., A. Austin, E. Schuur, K. Yoo, V. Matzek, C. Kendall, A. Uebersax, D. Brenner y W. Baisden 2003. Global patterns of the isotopic composition of soil and plant nitrogen. *Global Biogeochemical Cycles* 17 (1):1031.
- Arriaza, B.T., J.P. Ogalde, J. Chacama, V. Standen, L. Huamán y F. Villanueva 2015. Estudio de almidones en queros de madera del norte de Chile relacionados con el consumo de chicha durante el horizonte Inca. *Estudios Atacameños* 50:59-84.
- Arriaza, B., L. Huamán, F. Villanueva, R. Tornero, V. Standen y N. Aravena 2017. Estudio del cálculo dental en poblaciones arqueológicas del extremo norte de Chile. *Estudios Atacameños*. En prensa.
- Aufderheide A.C., S. Aturaliya y G. Focacci 2002. Pulmonary disease in a sample of mummies from the Az-75 cemetery in northern Chile's Azapa valley. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 34:253-263.
- Aufderheide, A.C., M.A. Kelley, M. Rivera, L. Gray, L.L. Tieszen, E. Iversen, H.R. Krouse y A. Carevic 1994. Contributions of chemical dietary reconstruction to the assessment of adaptation by ancient highland immigrants (Alto Ramirez) to coastal conditions at Pisagua, North Chile. *Journal of Archaeological Science* 21:515-524.
- Aufderheide, A.C., I. Muñoz y B. Arriaza 1993. Seven Chinchorro mummies and the prehistory of northern Chile. *American Journal of Physical Anthropology* 91:189-201.
- Bauer, B.S. 1996. Legitimization of the state in Inca myth and ritual. *American Anthropologist* 98:327-337.
- Beaumont, J., A. Gledhill, J. Lee-Thorp y J. Montgomery 2013. Childhood diet: A closer examination of the evidence from dental tissues using stable isotope analysis of incremental human dentine. *Archaeometry* 55:277-295.
- Beaumont, J. y J. Montgomery 2015. Oral Histories: A simple method of assigning chronological age to isotopic values from human dentine collagen. *Annals of Human Biology* 42:407-414.
- Beaumont, J., J. Montgomery, J. Buckberry y M. Jay 2015. Infant mortality and isotopic complexity: New approaches to stress, maternal health, and weaning. *American Journal of Physical Anthropology* 157:441-457.
- Bocherens, H. y D. Drucker 2003. Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: Case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems. *International Journal of Osteoarchaeology* 13:46-53.
- Brooks, S. y J.M. Suchey 1990. Skeletal age determination based on the os pubis: A comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. *Human Evolution* 5:227-238.
- Buikstra, J.E. y D.H. Ubelaker 1994. *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Research Series N° 44. Arkansas Archaeological Survey, Fayetteville.
- Cadwallader, L., D.G. Beresford-Jones, O.Q. Whaley y T.C. O'Connell 2012. The signs of maize? A reconsideration of what  $\delta^{13}\text{C}$  values say about palaeodiet in the Andean Region. *Human Ecology* 40:487-509.

- Craig, H. 1953. The geochemistry of the stable carbon isotopes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 3 (2):53-92.
- DeNiro, M.J. 1985. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature* 317:806-809.
- DeNiro, M.J. y S. Epstein 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45:341-351.
- DeNiro, M.J. y C.A. Hastorf 1985. Alteration of  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios of plant matter during the initial stages of diagenesis: Studies utilizing archaeological specimens from Peru. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 49:97-115.
- Dupras, T.L. y M.W. Tocheri 2007. Reconstructing infant weaning histories at Roman period Kellis, Egypt using stable isotope analysis of dentition. *American Journal of Physical Anthropology* 134:63-74.
- Finucane, B.C. 2009. Maize and sociopolitical complexity in the Ayacucho Valley, Peru. *Current Anthropology* 50:535-545.
- Finucane, B., P.M. Agurto y W.H. Isbell 2006. Human and animal diet at Conchopata, Peru: Stable isotope evidence for maize agriculture and animal management practices during the Middle Horizon. *Journal of Archaeological Science* 33:1766-1776.
- Focacci, G. 1983. El Tiwanaku clásico en el valle de Azapa. *Documentos de Trabajo* 3. Universidad de Tarapacá, Arica.
- Focacci, G. y S. Erices 1973. Excavaciones en tumulos de San Miguel de Azapa. *Actas del VI Congreso de Arqueología Chilena*. pp. 47-55 Universidad de Chile, Santiago.
- Fogel, M.L., N. Tuross y D.W. Owsley 1989. Nitrogen isotope tracers of human lactation in modern and archaeological populations. *Carnegie Institution of Washington Yearbook* pp. 111-117.
- Francey, R., C. Allison, D. Etheridge, C. Trudinger, I. Enting, M. Leuenberger, R. Langenfelds, E. Michel y L. Steele 1999. A 1000-year high precision record of  $\delta^{13}\text{C}$  in atmospheric  $\text{CO}_2$ . *Tellus B* 51 (2):170-193.
- Fuller, B.T., J.L. Fuller, D.A. Harris y R.E. Hedges 2006. Detection of breastfeeding and weaning in modern human infants with carbon and nitrogen stable isotope ratios. *American Journal of Physical Anthropology* 129:279-293.
- Garcilaso de la Vega, Inca 2009[1609]. Los Comentarios Reales de los Incas. Primera Parte. Epilogo por Aurelio Miró Quezada. Lima.
- Goldstein, P. 2003. From Stew-Eaters to Maize-Drinkers. En *The Archaeology and Politics of Food and Feasting in Early States and Empires*, editado por T. Bray, pp. 143-172. Plenum Publishers, New York.
- Grove, M. y J. Pearson 2014. Visualisation and permutation methods for archaeological data analysis. *Archaeological and Anthropological Sciences* 6:319-328.
- Hedges, R.E., J.G. Clement, C.D.L. Thomas y T.C. O'Connell 2007. Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: Modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements. *American Journal of Physical Anthropology* 133:808-816.
- Hubbe, M., C. Torres-Rouff, W.A. Neves, L.M. King, P. Da-Gloria y M. A. Costa 2012. Dental health in Northern Chile's Atacama oases: Evaluating the Middle Horizon (AD 500-1000) impact on local diet. *American Journal of Physical Anthropology* 148:62-72.
- Janusek, J.W. 2008. *Ancient Tiwanaku*. Cambridge University Press, New York.
- Katzenberg, M.A., S.R. Saunders y W.R. Fitzgerald 1993. Age differences in stable carbon and nitrogen isotope ratios in a population of prehistoric maize horticulturists. *American Journal of Physical Anthropology* 90:267-281.
- King, C.L., A.R. Millard, D.R. Grocke, V.G. Standen, B.T. Arriaza y S.E. Halcrow 2018. Marine resource reliance in the Atacama Desert, northern Chile - a view from prehistory. *Quaternary Science Reviews* 182:163-174.
- Knudson, K.J., A.E. Aufderheide y J.E. Buikstra 2007. Seasonality and paleodiet in the Chiribaya polity of southern Peru. *Journal of Archaeological Science* 34:451-462.
- Lee-Thorp, J.A. 2008. On isotopes and old bones. *Archaeometry* 50:925-950.
- Lee-Thorp, J.A., J.C. Sealy y N.J. Van Der Merwe 1989. Stable carbon isotope ratio differences between bone collagen and bone apatite, and their relationship to diet. *Journal of Archaeological Science* 16 (6):585-599.
- Longin, R. 1971. New method of collagen extraction for radiocarbon dating. *Nature* 230:241-242.
- Lovejoy, C.O., R.S. Meindl, T.R. Pryzbeck y R.P. Mensforth 1985. Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium: A new method for the determination of adult skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology* 68:15-28.
- Marwick, B. 2017. Computational reproducibility in archaeological research: Basic principles and a case study of their implementation. *Journal of Archaeological Method and Theory* 24:424-450.
- Millard, A.R. 2000. A model for the effect of weaning on nitrogen isotope ratios in humans. En *Perspectives in Amino Acid and Protein Geochemistry*, editado por G. Goodfriend, M. Collins, M. Fogel, S. Macko y J. Wehmiller, pp. 51-59. Oxford University Press, New York.
- Minagawa, M. y E. Wada 1984. Stepwise enrichment of  $\delta^{15}\text{N}$  along food chains: Further evidence and the relation between  $\delta^{15}\text{N}$  and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48:1135-1140.
- Muñoz, I. 1983. El poblamiento aldeano en el valle de Azapa y su vinculación con Tiwanaku (Arica-Chile). Asentamientos Aldeanos en los Valles Costeros de Arica. *Documentos de Trabajo* 3. Universidad de Tarapacá, Arica.
- Muñoz, I. 1987. Enterramientos en túmulos en el valle de Azapa: Nuevas evidencias para definir la fase Alto Ramírez en el extremo norte de Chile. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 19:93-127.
- Muñoz, I. 2004. *Estrategias de Organización Prehispánica en Azapa: El Impacto de la Agricultura en el valle del Desierto Costero del Pacífico*. Ediciones Universidad de Tarapacá, Arica.
- Muñoz, I. 2017. Espacios fúnebres, prácticas mortuorias y cronología en el cementerio Azapa-115: aproximaciones en torno a la estructura social de los agricultores prehispánicos del Período Medio. *Estudios Atacameños* 54:5-36.
- Muñoz, I. y J. Gordillo 2016. Organización del espacio y uso de los recursos naturales en la conformación de aldeas y campamentos en el período Medio en los valles de Azapa, Norte de Chile y Caplina, Sur del Perú. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 48:531-555.
- Nado, K.L., S.J. Marsteller, L.M. King, B.M. Daverman, C. Torres-Rouff y K.J. Knudson 2012. Examining local social identities through patterns of biological and cultural variation in the Solcor "Ayllu", San Pedro de Atacama, Chile. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 44:341-357.
- Núñez, L. 1986. Evidencias arcaicas de maíces y cuyes en Tiliviche: Hacia el semisedentarismo en el litoral fértil y quebradas del Norte de Chile. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 16-17:25-47.



- Núñez, L. 1989. Hacia la producción de alimentos y la vida sedentaria (5000 a.C. a 900 d.C.). En *Culturas de Chile Prehistoria, desde sus Orígenes hasta los Albores de la Conquista*, editado por J. Hidalgo, V. Schiappacasse, H. Niemeyer, C. Aldunate e I. Solimano, pp. 81-106. Editorial Andrés Bello, Santiago.
- Núñez, L. y C.M. Santoro 2011. El tránsito Arcaico-Formativo en la circumpuna y valles occidentales del centro sur Andino: Hacia los cambios "Neolíticos". *Chungara Revista de Antropología Chilena* 43, Número Especial 1:487-530.
- O'Connell, T.C., R.E. Hedges, M. Healey y A. Simpson 2001. Isotopic comparison of hair, nail and bone: Modern analyses. *Journal of Archaeological Science* 28:1247-1255.
- O'Connell, T.C., C.J. Kneale, N. Tasevska y G.G. Kuhle 2012. The diet-body offset in human nitrogen isotopic values: A controlled dietary study. *American Journal of Physical Anthropology* 149:426-434.
- Pestle, W.J., C. Torres-Rouff, F. Gallardo, B. Ballester y A. Clarot 2015a. Mobility and exchange among marine hunter-gatherer and agropastoralist communities in the formative period Atacama desert. *Current Anthropology* 56:121-133.
- Pestle, W.J., C. Torres-Rouff, M. Hubbe, F. Santana, G. Pimentel, F. Gallardo y K. Knudson 2015b. Explorando la diversidad dietética en la prehistoria del Desierto de Atacama: Un acercamiento a los patrones regionales. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 47:201-209.
- Pestle, W.J., C. Torres-Rouff y M. Hubbe 2016a. Modeling diet in times of change: The case of Quitor, San Pedro de Atacama, Chile. *Journal of Archaeological Science: Reports* 7:82-93.
- Pestle, W.J., C. Torres-Rouff, M. Hubbe y E.K. Smith 2016b. Eating out or dining in: Modeling diverse dietary strategies in the Middle Period, San Pedro de Atacama, Chile. *Archaeological and Anthropological Sciences* 1-15.
- Petruzzelli, B., A. Roberts, F.D. Pate, C.M. Santoro, T. Maddern, C. Carter y M. Westaway 2014. Stable carbon and nitrogen isotopic analysis of skeletal remains from Azapa 71 and Pica-8, northern Chile: An assessment of human diet and landscape use in the late Holocene. *Journal of the Anthropological Society of South Australia* 35:52-80.
- R core team 2013. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <http://www.R-project.org/>
- Rivera, M.A. 1980. Algunos fenómenos de la complementariedad económica a través de los datos arqueológicos en el área centro-sur andina: La fase Alto Ramírez reformulada. En *Temas Antropológicos del Norte de Chile*, editado por M. Rivera, pp. 71-103. Universidad de Antofagasta.
- Rivera, M.A. 1987. Tres fechados radiométricos de pampa Alto Ramírez, norte de Chile. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 18:7-13.
- Rivera, M.A. 2005. *Arqueología del Desierto de Atacama*. La Etapa Formativa en el Área de Ramaditas/Guatacondo. Colección Estudios Regionales y Locales. Universidad Bolivariana, Santiago Chile, Antofagasta.
- Roberts, A., F. Donald Pate, B. Petruzzelli, C. Carter, M.C. Westaway, C.M. Santoro, J. Swift, T. Maddern, G.E. Jacobsen y F. Bertuch 2013. Retention of hunter-gatherer economies among maritime foragers from Caleta Vitor, northern Chile, during the late Holocene: Evidence from stable carbon and nitrogen isotopic analysis of skeletal remains. *Journal of Archaeological Science* 40:2360-2372.
- Santana-Sagredo, F., J.A. Lee-Thorp, R. Schulting y M. Uribe 2015a. Isotopic evidence for divergent diets and mobility patterns in the Atacama Desert, northern Chile, during the Late Intermediate Period (AD 900-1450). *American Journal of Physical Anthropology* 156:374-387.
- Santana-Sagredo, F., M. Uribe, M.J. Herrera, R. Retamal y S. Flores 2015b. 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.
- Santana-Sagredo, F., M. Hubbe y M. Uribe 2016. Isotopic Evidence for Marine Consumption and Mobility in the Atacama Desert (Quillagua, Northern Chile). *International Journal of Osteoarchaeology* 26:476-489.
- Santoro, C., S.D. Vinton y K.J. Reinhard 2003. Inca expansion and parasitism in the Lluta Valley: Preliminary data. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 98:161-163.
- Santoro, C.M., B.T. Arriaza, V.G. Standen y P.A. Marquet 2005. People of the Coastal Atacama Desert: Living between Sand Dunes and Waves of the Pacific Ocean. En *Desert Peoples: Archaeological Perspectives*, editado por P. Veth, M. Smith y P. Hiscock, pp. 243-260. Blackwell, Malden.
- Scheuer, L. y S. Black 2000. *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press, London.
- Slovak, N.M. y A. Paytan 2011. Fisherfolk and farmers: Carbon and nitrogen isotope evidence from Middle Horizon Ancón, Peru. *International Journal of Osteoarchaeology* 21:253-267.
- Smith, M.E. y K.J. Schreiber 2006. New world states and empires: Politics, religion, and urbanism. *Journal of Archaeological Research* 14:1-52.
- Standen, V.G., C.M. Santoro, B.T. Arriaza y M. Santos 2014. La práctica funeraria en el sitio Maestranza Chinchorro y el poblamiento costero durante el Arcaico Medio en el extremo norte de Chile. *Latin American Antiquity* 25:300-321.
- Standen, V.G., C.M. Santoro, B. Arriaza y D. Coleman 2018. Hunting, gathering, and fishing on the coast of the Atacama Desert: Chinchorro population mobility patterns inferred from strontium isotopes. *Geoarchaeology* 33 (2):162-176.
- Szpak, P., J.F. Millaire, C.D. White y F.J. Longstaffe 2012. Influence of seabird guano and camelid dung fertilization on the nitrogen isotopic composition of field-grown maize (*Zea mays*). *Journal of Archaeological Science* 39:3721-3740.
- Tieszen, L.L. y M. Chapman 1992. Carbon and nitrogen isotopic status of the major marine and terrestrial resources in the Atacama desert of northern Chile. *Proceedings of the First World Congress on Mummy Studies* 2:409-426.
- Torres-Rouff, C., W. Pestle y F. Gallardo 2012. Eating fish in the driest desert in the world: Osteological and biogeochemical analyses of human skeletal remains from the San Salvador cemetery, North Chile. *Latin American Antiquity* 23:51-69.
- Torres-Rouff, C., K.J. Knudson, W.J. Pestle y E.M. Stovel 2015. Tiwanaku influence and social inequality: A bioarchaeological, biogeochemical, and contextual analysis of the Larache cemetery, San Pedro de Atacama, Northern Chile. *American Journal of Physical Anthropology* 158:592-606.
- Tsutaya, T. y M. Yoneda 2015. Reconstruction of breastfeeding and weaning practices using stable isotope and trace element analyses: A review. *American Journal of Physical Anthropology* 156:2-21.
- Turner, B.L., J.D. Kingston y G. J. Armelagos 2010. Variation in dietary histories among the immigrants of Machu Picchu: Carbon

and nitrogen isotope evidence. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 42:515-534.

Uribe, M., F. Santana-Sagredo, A. Maturana F., S. Flores C. y C. Agüero P. 2016. San Pedro de Atacama y la cuestión Tiwanaku en el Norte de Chile: Impresiones a partir de un clásico estudio cerámico y la evidencia bioarqueológica actual (400-1.000 d.C.). *Chungara Revista de Antropología Chilena* 48:173-198.

Urbina, S., L. Adán y C. Pellegrino 2012. Arquitecturas formativas de las quebradas de Guatacondo y Tarapacá a través del proceso aldeano (ca. 900 aC-1000 dC). *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino* 17:31-60.

Vinton, S.D., L. Perry, K.J. Reinhard, C.M. Santoro e I. Teixeira-Santos 2009. Impact of empire expansion on household diet: The Inka in northern Chile's Atacama Desert. *PLOS One* 4:e8069.

Watson, J.T., I. Muñoz Ovalle y B. Arriaza 2010. Formative Adaptations, Diet, and Oral Health in the Azapa Valley of Northwest Chile. *Latin American Antiquity* 21:423-439.

Watson, J.T., B. Arriaza, V. Standen e I. Muñoz Ovalle 2013. Tooth Wear Related to Marine Foraging, Agro-Pastoralism and the Formative Transition on the Northern Chilean Coast. *International Journal of Osteoarchaeology* 23:287-302.

Williams, J.S. y M.S. Murphy 2013. Living and dying as subjects of the Inca Empire: Adult diet and health at Puruchuco-Huaquerones, Peru. *Journal of Anthropological Archaeology* 32:165-179.

Zaro, G. 2007. Diversity specialists: Coastal resource management and historical contingency in the Osmore desert of southern Peru. *Latin American Antiquity* 18:161-179.

### Nota

<sup>1</sup> Para examinar el comportamiento del destete, en una situación ideal, se deberían incluir molares permanentes, ya que también se forman durante el periodo de destete, en aquellos que sobrevivieron a la infancia. Sin embargo,

los resultados del muestreo incremental presentados aquí formarán una base para futuros trabajos en esta temática. El muestreo de molares permanentes no fue posible debido a restricciones de muestreo.

## ANEXO

Tabla suplementaria 1 (S1). Resultados del análisis isotópico incremental. Algunos incrementos no produjeron suficiente colágeno para el análisis (sin rendimiento), otros fallaron el control de calidad para el colágeno (texto en negrita).

*Results of incremental isotopic analysis. Some increments did not yield enough collagen for analysis (marked 'sin rendimiento'), others failed quality control checks for collagen (bold text).*

Muestra		$\delta^{13}\text{C}$ (‰ PDB)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰ AIR)	%C	%N	C:N	Edad representada por incremento (años)	
Az70 Tum2cr2	dM2	1	-12,2	11,9	40,3	14,5	3,2	-0,2
Az70 Tum2cr2	dM2	2	-11,8	11,8	41,3	14,6	3,3	0,1
Az70 Tum2cr2	dM2	3	-12,5	12,1	40,7	14,5	3,3	0,4
Az70 Tum2cr2	dM2	4	-12,7	12,2	40,9	14,6	3,3	0,7
Az70 Tum2cr2	dM2	5	-12,5	12,8	41,1	14,7	3,3	1,0
Az70 Tum2cr2	dM2	6	-12,2	12,6	41,8	14,9	3,3	1,3
Az70 Tum2cr2	dM2	7	-12,1	12,5	41,1	14,6	3,3	1,7
Az70 Tum2cr2	dM2	8	-12,1	12,4	40,8	14,6	3,3	2,0
Az70 Tum2cr2	dM2	9	-12,5	12,4	41,1	14,7	3,3	2,3
Az70 Tum2cr2	dM2	10	-12,3	11,6	41,9	14,9	3,3	2,6
Az70 Tum2cr2	dM2	11	-11,2	11,6	40,6	14,5	3,3	2,9
Az70 Tum2cr2	dM2	12	-13,0	10,7	41,6	14,8	3,3	3,2
Az70 Tum2cr2	dM2	13		Sin rendimiento				3,5
Az75 T4a	dM1	1	<b>-16,0</b>	<b>22,1</b>	<b>44,9</b>	<b>14,1</b>	<b>3,7</b>	-0,2
Az75 T4a	dM1	2	-16,1	23,7	43,3	14,3	3,5	0,1
Az75 T4a	dM1	3	-16,0	24,3	43,6	14,0	3,6	0,4
Az75 T4a	dM1	4	-15,7	24,2	45,4	14,6	3,6	0,7
Az75 T4a	dM1	5	-15,4	23,4	44,3	14,4	3,6	1
Az75 T4a	dM1	6	-15,1	22,6	43,9	14,7	3,5	1,3
Az75 T4a	dM1	7	-15,5	21,9	42,4	14,3	3,5	1,6
Az75 T4a	dM1	8	-15,9	21,3	42,3	14,3	3,4	1,9
Az75 T4a	dM1	9	-15,5	20,7	42,6	14,2	3,5	2,2
Az75 T4a	dM1	10		Sin rendimiento				2,5
Az75 T56	dM1	1	-13,62	16,44	42,39	14,36	3,4	-0,2
Az75 T56	dM1	2	-13,67	18,27	43,63	14,50	3,5	0,2
Az75 T56	dM1	3	-14,86	18,36	44,19	14,79	3,5	0,6
Az75 T56	dM1	4	-15,21	18,04	43,15	14,16	3,6	1,0
Az75 T56	dM1	5	-15,46	17,72	42,89	14,16	3,5	1,4
Az75 T56	dM1	6	-14,48	17,45	42,52	14,23	3,5	1,9
Az75 T56	dM1	7	-14,17	17,59	41,68	13,68	3,6	2,3
Az75 T56	dM1	8	-15,68	17,99	42,98	14,09	3,6	2,7
Az75 T56	dM1	9	<b>-16,95</b>	<b>17,17</b>	<b>43,43</b>	<b>13,63</b>	<b>3,7</b>	3,1
Az75 T56	dM1	10	<b>-15,94</b>	<b>16,92</b>	<b>43,49</b>	<b>13,53</b>	<b>3,7</b>	3,5
Az115 MusC2	dM1	1	-15,2	24,0	37,9	14,0	3,2	-0,2
Az115 MusC2	dM1	2	-14,7	26,2	42,3	15,6	3,2	0,1
Az115 MusC2	dM1	3	-14,5	26,6	42,4	15,7	3,2	0,5
Az115 MusC2	dM1	4	-14,3	26,1	42,5	15,8	3,1	0,8
Az115 MusC2	dM1	5	-13,6	24,6	41,9	15,5	3,1	1,1
Az115 MusC2	dM1	6	-13,0	22,9	42,4	15,6	3,2	1,5
Az115 MusC2	dM1	7	-12,0	22,1	42,3	15,8	3,1	1,8
Az115 MusC2	dM1	8	-13,9	23,5	42,3	15,7	3,1	2,2
Az115 MusC2	dM1	9	-14,8	23,7	42,4	15,7	3,1	2,5
Az115 MusC2	dM1	10	-15,8	21,0	42,4	15,6	3,2	2,8

Continuación Tabla suplementaria 1 (S1).

Muestra			$\delta^{13}\text{C}$ (‰ PDB)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰ AIR)	%C	%N	C:N	Edad representada por incremento (años)
Az115 MusC2	dM1	11		Sin rendimiento				3,2
Az115 MusC2	dM1	12	-17,5	14,9	42,6	15,6	3,2	3,5
Az115 T2	dM1	1	-13,7	15,5	41,5	15,8	3,1	-0,2
Az115 T2	dM1	2	-14,3	15,5	42,5	15,8	3,1	0,1
Az115 T2	dM1	3	-15,0	15,9	42,2	15,8	3,1	0,3
Az115 T2	dM1	4	-15,3	16,1	41,3	15,7	3,1	0,6
Az115 T2	dM1	5	-15,4	16,2	42,0	15,8	3,1	0,9
Az115 T2	dM1	6	-15,0	16,0	42,0	16,2	3,0	1,1
Az115 T2	dM1	7	-15,0	16,2	41,3	15,5	3,1	1,4
Az115 T2	dM1	8	-15,3	16,4	42,8	15,8	3,2	1,7
Az115 T2	dM1	9	-15,9	16,6	42,8	16,1	3,1	1,9
Az115 T2	dM1	10	-16,5	16,7	41,9	15,6	3,1	2,2
Az115 T2	dM1	11	-16,1	16,3	42,1	15,9	3,1	2,4
Az115 T2	dM1	12	-15,7	16,2	42,3	16,1	3,1	2,7
Az115 T2	dM1	13	-16,6	17,4	42,5	15,5	3,2	3,0
Az115 T2	dM1	14	-15,9	16,5	40,0	15,4	3,0	3,2
Az115 T2	dM1	15		Sin rendimiento				3,5
Az115 T6	dM1	1	-14,7	23,2	41,9	14,5	3,4	-0,2
Az115 T6	dM1	2	-14,3	23,4	41,7	14,4	3,4	0,1
Az115 T6	dM1	3	-13,9	23,2	39,4	13,8	3,3	0,4
Az115 T6	dM1	4	-13,9	23,2	42,2	14,5	3,4	0,7
Az115 T6	dM1	5	-13,7	23,0	41,8	14,4	3,4	1,1
Az115 T6	dM1	6	-13,2	23,2	42,1	14,6	3,4	1,4
Az115 T6	dM1	7	-13,3	23,2	42,2	14,9	3,32	1,7
Az115 T6	dM1	8	-12,9	23,0	42,0	14,9	3,29	2,0
Az115 T6	dM1	9	-12,3	22,9	31,1	11,0	3,30	2,3
Az115 T6	dM1	10		Sin rendimiento				2,6
Az115 T6	dM1	11	-12,7	23,8	42,5	15,1	3,28	2,9
Az115 T6	dM1	12		Sin rendimiento				3,3
Az122 T9	dM1	1	-15,8	23,0	41,2	14,5	3,3	-0,2
Az122 T9	dM1	2	-16,1	23,7	42,4	14,6	3,4	0,2
Az122 T9	dM1	3	-15,9	23,8	42,3	15,0	3,3	0,6
Az122 T9	dM1	4	-15,6	23,3	41,7	14,8	3,3	1,0
Az122 T9	dM1	5	-15,6	22,5	42,3	15,0	3,3	1,4
Az122 T9	dM1	6	-15,5	21,7	42,1	14,9	3,3	1,9
Az122 T9	dM1	7	-15,0	21,0	41,9	14,9	3,3	2,3
Az122 T9	dM1	8	-14,8	20,5	41,7	14,7	3,3	2,7
Az122 T9	dM1	9	-14,5	19,6	39,3	14,9	3,1	3,1
Az122 T9	dM1	10	-13,9	17,3	42,7	14,6	3,4	3,5
Az6 T36 J2/1	C	1	-17,9	13,6	43,08	15,50	3,2	1,3
Az6 T36 J2/1	C	2	-17,3	13,1	41,26	14,84	3,2	2,2
Az6 T36 J2/1	C	3	-17,3	13,4	42,01	15,05	3,3	3,1
Az6 T36 J2/1	C	4	-16,9	12,8	41,94	14,97	3,3	4,1
Az6 T36 J2/1	C	5	-16,5	13,1	41,78	14,86	3,3	5,0
Az6 T36 J2/1	C	6	-16,3	13,5	43,00	15,08	3,3	6,0
Az6 T36 J2/1	C	7	-16,5	13,7	41,35	14,87	3,2	6,9
Az6 T36 J2/1	C	8	-17,1	13,1	41,09	14,76	3,2	7,9

Continuación Tabla suplementaria 1 (S1).

Muestra		$\delta^{13}\text{C}$ (‰ PDB)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰ AIR)	%C	%N	C:N	Edad representada por incremento (años)
Az6 T36 J2/1	C 9	-17,8	12,9	42,45	15,15	3,3	8,8
Az6 T36 J2/1	C 10	-18,3	13,1	41,47	14,87	3,3	9,8
Az6 T36 J2/1	C 11	-18,1	13,0	41,92	15,00	3,3	10,7
Az6 T36 J2/1	C 12		Sin rendimiento				11,7
Az6 T36 J2/1	C 13	-17,5	13,7	42,63	15,03	3,3	12,6
Az6 T36 J2/1	C 14		Sin rendimiento				13,6
Az6 T36 J2/1	C 15		Sin rendimiento				14,5
Az6 T105 3/3	dM1 1	-10,6	24,9	41,4	15,1	3,2	-0,2
Az6 T105 3/3	dM1 2	-9,5	25,5	41,6	15,2	3,2	0,2
Az6 T105 3/3	dM1 3	-9,8	24,6	40,3	14,6	3,2	0,5
Az6 T105 3/3	dM1 4	-9,4	24,8	41,2	15,0	3,2	0,9
Az6 T105 3/3	dM1 5	-9,2	25,0	39,3	14,3	3,2	1,3
Az6 T105 3/3	dM1 6	-9,8	23,7	41,9	15,2	3,2	1,7
Az6 T105 3/3	dM1 7	-10,4	21,8	42,1	15,3	3,2	2,0
Az6 T105 3/3	dM1 8	-10,5	21,2	41,9	15,3	3,2	2,4
Az6 T105 3/3	dM1 9	-10,8	21,3	41,7	15,2	3,2	2,8
Az6 T105 3/3	dM1 10	-11,3	20,5	42,3	15,4	3,2	3,1
Az6 T105 3/3	dM1 11	-11,4	20,5	41,7	15,1	3,2	3,5
Az141 T4c2	dM1 1	-11,9	11,2	41,8	14,7	3,3	-0,2
Az141 T4c2	dM1 2	-13,2	11,8	42,3	14,7	3,4	0,1
Az141 T4c2	dM1 3	-12,9	11,6	42,2	14,6	3,4	0,4
Az141 T4c2	dM1 4	-12,9	11,8	41,7	14,7	3,3	0,7
Az141 T4c2	dM1 5	-12,1	13,4	42,1	14,8	3,3	0,9
Az141 T4c2	dM1 6	-12,0	12,6	42,1	14,8	3,3	1,2
Az141 T4c2	dM1 7	-11,8	12,6	42,1	14,9	3,3	1,5
Az141 T4c2	dM1 8	-12,6	12,0	41,0	14,6	3,3	1,8
Az141 T4c2	dM1 9	-12,7	11,4	41,7	14,9	3,3	2,1
Az141 T4c2	dM1 10	-11,9	11,5	42,1	15,0	3,3	2,4
Az141 T4c2	dM1 11	-11,4	11,5	42,0	14,9	3,3	2,6
Az141 T4c2	dM1 12	-12,7	11,4	41,7	14,8	3,3	2,9
Az141 T4c2	dM1 13	-13,9	10,0	42,2	14,9	3,3	3,2
Az141 T4c2	dM1 14	-12,1	9,1	42,5	14,8	3,4	3,5
Az141 T4c3	dM2 1	-14,0	11,5	42,1	15,1	3,3	-0,2
Az141 T4c3	dM2 2	-13,7	11,9	42,5	15,0	3,3	0,1
Az141 T4c3	dM2 3	-13,4	12,0	42,7	15,2	3,3	0,3
Az141 T4c3	dM2 4	-13,4	12,2	41,9	14,8	3,3	0,6
Az141 T4c3	dM2 5	-13,2	12,4	41,8	14,9	3,3	0,9
Az141 T4c3	dM2 6	-14,0	12,4	42,6	14,7	3,4	1,1
<b>Az141 T4c3</b>	<b>dM2 7</b>	<b>-15,2</b>	<b>11,7</b>	<b>44,5</b>	<b>13,8</b>	<b>3,8</b>	<b>1,4</b>
Az141 T4c3	dM2 8	-14,4	11,5	42,3	14,7	3,4	1,7
Az141 T4c3	dM2 9	-14,2	11,8	42,6	15,0	3,3	1,9
Az141 T4c3	dM2 10	-14,4	11,4	42,1	14,8	3,3	2,2
Az141 T4c3	dM2 11	-14,4	11,4	42,0	14,8	3,3	2,4
Az141 T4c3	dM2 12	-14,8	11,1	41,3	14,5	3,3	2,7
Az141 T4c3	dM2 13	-14,4	11,0	42,0	14,7	3,3	3,0
Az141 T4c3	dM2 14		Sin rendimiento				3,2
Az141 T4c3	dM2 15		Sin rendimiento				3,5
Az141 T8	dM1 1	-16,0	23,2	41,9	14,8	3,3	-0,2

Continuación Tabla suplementaria 1 (S1).

Muestra			$\delta^{13}\text{C}$ (‰ PDB)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰ AIR)	%C	%N	C:N	Edad representada por incremento (años)
Az141 T8	dM1	2	-16,4	21,8	42,3	14,8	3,3	0,1
Az141 T8	dM1	3	-16,2	21,8	40,8	14,2	3,3	0,3
Az141 T8	dM1	4	-15,9	21,6	42,2	14,6	3,4	0,6
Az141 T8	dM1	5	-15,7	21,1	41,7	14,8	3,3	0,9
Az141 T8	dM1	6	-15,8	20,8	42,4	15,1	3,3	1,1
Az141 T8	dM1	7	-15,8	20,4	41,2	14,8	3,3	1,4
Az141 T8	dM1	8	-15,9	20,4	41,1	14,7	3,3	1,7
Az141 T8	dM1	9	-16,2	20,2	39,8	14,1	3,3	1,9
Az141 T8	dM1	10	-16,0	20,0	40,0	14,2	3,3	2,2
Az141 T8	dM1	11	-15,9	20,0	41,2	14,6	3,3	2,4
Az141 T8	dM1	12	-15,6	20,6	42,2	14,9	3,3	2,7
Az141 T8	dM1	13	-15,6	21,1	42,0	14,8	3,3	3,0
Az141 T8	dM1	14	-16,5	20,8	42,3	14,8	3,3	3,2
<b>Az141 T8</b>	<b>dM1</b>	<b>15</b>	<b>-27,6</b>	<b>17,8</b>	<b>73,9</b>	<b>3,9</b>	<b>22,0</b>	<b>3,5</b>
Az8 T11	dM1	1	-12,1	22,3	45,2	15,2	3,5	-0,2
Az8 T11	dM1	2	-11,5	23,1	45,0	15,3	3,4	0,1
Az8 T11	dM1	3	-10,9	22,9	41,7	15,2	3,2	0,5
Az8 T11	dM1	4	-11,0	22,5	44,3	15,3	3,4	0,8
Az8 T11	dM1	5	-11,2	22,3	44,7	15,3	3,4	1,1
Az8 T11	dM1	6	-11,4	22,0	43,7	15,1	3,4	1,5
Az8 T11	dM1	7	-11,5	22,0	44,2	15,2	3,4	1,8
Az8 T11	dM1	8	-11,6	22,0	45,4	15,0	3,5	2,2
Az8 T11	dM1	9	-11,6	21,7	44,5	14,7	3,5	2,5
Az8 T11	dM1	10	-11,1	22,2	39,5	13,2	3,5	2,8
Az8 T11	dM1	11	-11,2	22,6	43,7	14,7	3,5	3,2
Az8 T11	dM1	12		Sin rendimiento				3,5
Az11 T8a	dM1	1	-17,5	13,5	43,2	14,8	3,4	-0,2
Az11 T8a	dM1	2	-16,7	14,2	43,6	15,2	3,4	0,2
Az11 T8a	dM1	3	-16,7	14,5	41,0	14,3	3,3	0,6
Az11 T8a	dM1	4	-17,3	13,8	42,1	14,9	3,3	1,0
Az11 T8a	dM1	5	-17,8	13,1	42,6	14,8	3,3	1,4
Az11 T8a	dM1	6	-18,1	13,0	42,4	15,0	3,3	1,9
Az11 T8a	dM1	7	-18,0	12,6	42,9	15,0	3,3	2,3
Az11 T8a	dM1	8	-18,0	12,3	43,7	14,9	3,4	2,7
Az11 T8a	dM1	9	-18,2	12,1	44,2	15,1	3,4	3,1
Az11 T8a	dM1	10	-18,4	11,5	40,2	14,3	3,3	3,5
Az71 T315	dM1	1	-12,2	21,8	19,0	5,8	3,8	-0,2
Az71 T315	dM1	2	-10,6	23,2	40,5	13,9	3,4	0,1
Az71 T315	dM1	3	-11,0	24,7	43,1	14,1	3,6	0,4
Az71 T315	dM1	4	-10,8	25,0	43,1	14,5	3,5	0,7
Az71 T315	dM1	5	-11,2	25,0	42,0	14,6	3,4	1,0
Az71 T315	dM1	6	-11,6	24,0	42,0	14,7	3,3	1,3
Az71 T315	dM1	7	-11,7	24,1	42,2	14,7	3,3	1,7
Az71 T315	dM1	8	-12,1	23,7	42,5	14,7	3,4	2,0
Az71 T315	dM1	9	-12,5	22,9	42,1	14,8	3,3	2,3
Az71 T315	dM1	10	-12,8	22,5	42,4	14,6	3,4	2,6
Az71 T315	dM1	11	-12,5	22,0	42,6	14,8	3,4	2,9
Az71 T315	dM1	12		Sin rendimiento				3,2

Continuación Tabla suplementaria 1 (S1).

Muestra			$\delta^{13}\text{C}$ (‰ PDB)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰ AIR)	%C	%N	C:N	Edad representada por incremento (años)
Az71 T315	dM1	13		Sin rendimiento				3,5
Az76 T0	dM2	1	-12,6	19,8	43,0	16,2	3,1	-0,2
Az76 T0	dM2	2	-13,7	19,7	44,0	16,1	3,2	0,1
Az76 T0	dM2	3	-13,8	19,0	42,7	15,6	3,2	0,4
Az76 T0	dM2	4	-13,8	18,4	41,9	15,7	3,1	0,7
Az76 T0	dM2	5	-13,7	17,7	43,4	15,6	3,2	1,0
Az76 T0	dM2	6	-13,4	17,0	42,9	15,3	3,3	1,3
Az76 T0	dM2	7	-13,3	16,6	42,5	15,5	3,2	1,7
Az76 T0	dM2	8	-13,0	16,6	43,7	15,7	3,2	2,0
Az76 T0	dM2	9	-13,2	16,5	42,4	15,6	3,2	2,3
Az76 T0	dM2	10	-13,2	16,8	42,8	15,1	3,3	2,6
Az76 T0	dM2	11	-12,9	17,0	43,0	15,9	3,2	2,9
Az76 T0	dM2	12	-13,2	17,3	42,7	15,3	3,3	3,2
Az76 T0	dM2	13	-13,0	19,0	43,7	15,6	3,3	3,5
<b>Az76 T7c</b>	<b>dM1</b>	<b>1</b>	<b>-12,4</b>	<b>24,6</b>	<b>43,9</b>	<b>14,0</b>	<b>3,7</b>	<b>-0,2</b>
Az76 T7c	dM1	2	-11,9	25,4	41,8	14,8	3,3	0,1
Az76 T7c	dM1	3	-19,5	25,5	42,2	14,9	3,3	0,4
Az76 T7c	dM1	4		Sin rendimiento				0,7
Az76 T7c	dM1	5	-11,6	25,9	42,0	14,9	3,3	0,9
Az76 T7c	dM1	6	-11,4	26,2	41,8	14,8	3,3	1,2
Az76 T7c	dM1	7	-11,5	26,2	42,2	14,9	3,3	1,5
Az76 T7c	dM1	8	-11,7	25,9	42,1	14,9	3,3	1,8
Az76 T7c	dM1	9	-11,5	25,1	41,2	14,6	3,3	2,1
Az76 T7c	dM1	10	-11,9	24,2	41,6	14,7	3,3	2,4
Az76 T7c	dM1	11	-12,1	23,5	40,9	14,4	3,3	2,6
Az76 T7c	dM1	12	-11,6	23,1	42,7	14,9	3,3	2,9
Az76 T7c	dM1	13	-10,3	13,8	43,4	14,7	3,4	3,2
Az76 T7c	dM1	14		Sin rendimiento				3,5
Az76 T13	dM1	1		Sin rendimiento				-0,2
Az76 T13	dM1	2	-11,64	23,72	35,6	13,8	3,0	0,1
Az76 T13	dM1	3	-11,0	24,1	37,4	12,4	3,5	0,4
Az76 T13	dM1	4	-10,5	25,5	42,1	14,8	3,3	0,7
Az76 T13	dM1	5	-11,2	24,6	42,2	14,9	3,3	0,9
Az76 T13	dM1	6	-11,3	24,1	41,9	14,8	3,3	1,2
Az76 T13	dM1	7	-11,1	24,1	41,9	14,8	3,3	1,5
Az76 T13	dM1	8	-11,0	23,4	42,0	14,9	3,3	1,8
Az76 T13	dM1	9	-11,4	22,6	41,6	14,8	3,3	2,1
Az76 T13	dM1	10	-11,4	22,5	42,8	15,2	3,3	2,4
Az76 T13	dM1	11	-11,2	22,7	41,9	14,8	3,3	2,6
Az76 T13	dM1	12		Sin rendimiento				2,9
Az76 T13	dM1	13		Sin rendimiento				3,2
Az76 T13	dM1	14	-12,7	22,3	43,5	14,0	3,6	3,5
Cam9 T9	dM1	1	-8,9	26,8	43,4	14,6	3,5	-0,2
Cam9 T9	dM1	2	-8,7	26,3	44,6	14,6	3,6	0,2
Cam9 T9	dM1	3	-8,8	25,5	43,7	14,6	3,5	0,6
<b>Cam9 T9</b>	<b>dM1</b>	<b>4</b>	<b>-10,2</b>	<b>24,7</b>	<b>47,4</b>	<b>14,2</b>	<b>3,9</b>	<b>1,0</b>
Cam9 T9	dM1	5	-9,6	24,0	45,3	14,5	3,6	1,3
<b>Cam9 T9</b>	<b>dM1</b>	<b>6</b>	<b>-10,4</b>	<b>23,7</b>	<b>47,4</b>	<b>14,5</b>	<b>3,8</b>	<b>1,7</b>

Continuación Tabla suplementaria 1 (S1).

Muestra			$\delta^{13}\text{C}$ (‰ PDB)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰ AIR)	%C	%N	C:N	Edad representada por incremento (años)
<b>Cam9 T9</b>	<b>dM1</b>	<b>7</b>	<b>-9,9</b>	<b>22,9</b>	<b>45,6</b>	<b>14,5</b>	<b>3,7</b>	<b>2,1</b>
Cam9 T9	dM1	8	-8,9	23,1	44,7	14,9	3,5	2,5
Cam9 T9	dM1	9	-8,5	24,1	44,5	14,6	3,6	2,9
Cam9 T9	dM1	10	-8,5	24,0	43,9	14,4	3,6	3,3
Cam9 T27	dM1	1	-10,7	29,8	42,0	15,1	3,2	-0,2
Cam9 T27	dM1	2	-10,3	29,0	39,0	14,6	3,1	0,2
Cam9 T27	dM1	3	-10,3	28,6	40,4	14,7	3,2	0,6
Cam9 T27	dM1	4	-10,1	28,4	40,0	15,0	3,1	1,0
Cam9 T27	dM1	5	-10,4	27,6	41,0	15,0	3,2	1,4
Cam9 T27	dM1	6	-10,3	27,2	42,5	15,1	3,3	1,9
Cam9 T27	dM1	7	-10,5	27,1	39,5	15,1	3,0	2,3
Cam9 T27	dM1	8	-10,5	26,7	40,2	14,8	3,2	2,7
Cam9 T27	dM1	9	-10,4	26,3	39,4	14,9	3,1	3,1
Cam9 T27	dM1	10	-10,5	26,4	39,1	14,8	3,1	3,5
Cam9 T32c1	dM1	1	-11,0	28,0	41,7	14,2	3,4	-0,2
Cam9 T32c1	dM1	2	-10,5	28,1	42,4	14,8	3,3	0,1
Cam9 T32c1	dM1	3	-10,2	28,5	41,8	14,6	3,3	0,4
Cam9 T32c1	dM1	4	-10,5	28,1	41,4	14,6	3,3	0,7
Cam9 T32c1	dM1	5	-10,4	28,4	41,7	14,7	3,3	1,1
Cam9 T32c1	dM1	6	-10,5	28,2	41,6	14,6	3,3	1,4
Cam9 T32c1	dM1	7	-10,5	28,5	42,0	14,6	3,3	1,7
Cam9 T32c1	dM1	8	-11,0	28,3	42,4	14,5	3,4	2,0
Cam9 T53	dM1	1	-11,1	27,9	41,6	15,0	3,2	-0,2
Cam9 T53	dM1	2	-11,4	28,1	41,5	14,9	3,2	0,1
Cam9 T53	dM1	3	-10,9	28,9	41,8	15,0	3,2	0,4
Cam9 T53	dM1	4	-10,3	29,1	40,2	14,4	3,2	0,7
Cam9 T53	dM1	5	-10,2	28,2	37,4	13,5	3,2	1,0
Cam9 T53	dM1	6	-10,2	28,4	41,8	15,1	3,2	1,3
<b>Cam9 T53</b>	<b>dM1</b>	<b>7</b>	<b>-10,5</b>	<b>27,5</b>	<b>20,3</b>	<b>7,3</b>	<b>3,3</b>	<b>1,7</b>
Cam9 T53	dM1	8	-10,3	27,6	39,4	14,2	3,2	2,0
Cam9 T53	dM1	9	-10,2	27,2	41,9	15,2	3,2	2,3
Cam9 T53	dM1	10	-10,0	26,6	38,6	15,1	3,0	2,6
Cam9 T53	dM1	11	-10,0	26,3	42,0	15,1	3,2	2,9
Cam9 T53	dM1	12	-10,1	26,2	37,9	13,6	3,3	3,2
Cam9 T53	dM1	13		Sin rendimiento				3,5
Cam9 T54c1	dM1	1	-9,9	28,4	38,0	13,7	3,2	-0,2
Cam9 T54c1	dM1	2	-9,5	29,3	40,8	14,7	3,2	0,1
Cam9 T54c1	dM1	3	-9,3	29,5	41,7	15,0	3,2	0,4
Cam9 T54c1	dM1	4	-9,2	28,2	41,0	14,8	3,2	0,7
Cam9 T54c1	dM1	5	-9,1	28,2	41,2	14,8	3,2	0,9
Cam9 T54c1	dM1	6	-9,1	27,5	41,7	15,1	3,2	1,2
Cam9 T54c1	dM1	7	-9,1	26,9	41,5	14,9	3,3	1,5
Cam9 T54c1	dM1	8	-9,4	26,6	41,8	14,9	3,3	1,8
Cam9 T54c1	dM1	9	-9,6	26,1	41,7	14,9	3,3	2,1
Cam9 T54c1	dM1	10	-9,9	26,2	41,5	14,8	3,3	2,4
Cam9 T54c1	dM1	11	-9,8	25,2	41,5	14,8	3,3	2,6
Cam9 T54c1	dM1	12	-9,9	25,0	41,6	14,9	3,3	2,9
Cam9 T54c1	dM1	13	-10,2	25,6	41,5	14,6	3,3	3,2
Cam9 T54c1	dM1	14	-10,4	25,7	42,4	14,8	3,3	3,5



Tabla suplementaria 2 (S2): Resultados completos del análisis isotópico del colágeno óseo humano en adultos de los sitios del valle de Azapa y desembocadura de Camarones.

*Full isotopic results from adult human bone collagen samples from sites of the Azapa Valley and Camarones river mouth.*

Muestra	Periodo	Sexo	Edad	C/N	C	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ PDB)	N	$\delta^{15}\text{N}$ (‰ AIR)	Rendimiento
Az115 S/R1	Formativo	I	indeterminado	3,3	43,8	-15,1	15,5	15,3	15,6
Az115 T3b	Formativo	M?	mediano	3,3	40,4	-15,8	14,3	17,9	20,7
Az115 T5	Formativo	M	joven -mediano	3,3	41,7	-14,8	15,0	16,8	17,2
Az115 T8	Formativo	F	mediana	3,5	44,3	-13,1	14,9	15,5	12,5
Az115 T9	Formativo	F?	joven -mediana	3,2	38,3	-15,1	13,8	15,4	9,3
Az115 T11	Formativo	F	mediana	3,6	47,0	-15,6	15,3	15,9	15,8
Az115 T16a	Formativo	M	joven	3,3	41,3	-13,4	14,7	21,3	22,4
Az115 T17b	Formativo	F	mediana	3,3	42,2	-14,9	14,8	17,1	14,2
Az115 T18	Formativo	M	mediano	3,4	44,4	-14,3	15,5	16,5	12,5
Az115 T19	Formativo	M	mediano	3,6	44,7	-15,2	14,7	17,3	10,2
Az115 T21	Formativo	F	mediana	3,4	45,7	-14,2	15,6	14,7	20,5
Az115 T22	Formativo	M	joven -mediano	3,4	44,2	-11,9	15,3	20,0	21,3
Az115 T25	Formativo	F	joven -mediana	3,3	41,7	-14,4	14,7	17,7	10,7
Az115 T26	Formativo	M	joven -mediano	3,5	44,3	-13,1	14,9	15,5	15,4
Az14 ent1	Formativo	M	indeterminado	3,6	32,8	-12,7	10,7	25,0	21,6
Az14 TX	Formativo	F?	joven	3,5	38,3	-18,4	12,7	16,7	3,5
Az14 T1	Formativo	M	mediano	3,3	39,8	-17,0	14,1	17,4	7,5
Az14 T1 F15	Formativo	F	joven	3,3	42,8	-17,0	15,1	17,6	11,7
Az14 T7	Formativo	F	madura	3,4	44,5	-18,3	15,6	13,6	17,5
Az14 T10	Formativo	M	joven -mediano	3,2	42,5	-11,8	15,7	25,5	13,6
Az14 T14	Formativo	F	joven	3,6	42,2	-17,0	13,8	17,8	9,1
Az14 T76b	Formativo	M?	joven	3,5	43,3	-18,2	15,5	13,7	11,6
Az6 T19	Medio	F	joven	3,3	42,1	-10,2	14,7	25,7	16,6
Az6 T36 J2/1	Medio	M	joven	3,4	40,9	-11,2	14,2	21,1	22,3
Az6 T41b	Medio	M	mediano	3,3	42,7	-11,4	14,9	20,4	22,0
Az6 T71 M5/2	Medio	M	joven	3,4	43,0	-11,4	14,8	15,9	20,2
Az6 T116 R3/2	Medio	M	mediano	3,4	42,0	-11,1	14,6	21,6	15,3
Az141 Des02	Medio	F	mediana	3,5	38,6	-13,4	12,8	23,9	
Az141 T22	Medio	M	mediano	3,2	37,4	-12,2	13,5	14,6	15,7
Az141 T23	Medio	I	indeterminado	3,6	44,1	-11,3	14,4	18,2	10,7
Az141 T33	Medio	M	mediana-maduro	3,2	33,2	-12,3	12,0	11,7	20,7
Az141 T52	Medio	M	joven -mediano	3,4	41,1	-11,3	14,3	19,2	15,1
Az11 T3	Intermedio-Tardío	F	madura	3,4	47,0	-14,9	15,9	10,7	14,8
Az11 T7	Intermedio-Tardío	F	mediana	3,6	43,3	-11,8	14,1	17,6	15,8
Az11 Sec T8	Intermedio-Tardío	F	mediana- madura	3,4	42,3	-11,1	14,7	11,6	15,0
Az11 T16	Intermedio-Tardío	M	mediano	3,4	42,6	-17,8	14,6	11,8	20,9
Az8 T5b	Intermedio-Tardío	F	mediana	3,3	42,5	-10,8	15,0	21,2	17,1
Az8 T7a	Intermedio-Tardío	M?	joven	3,4	41,2	-12,0	14,0	20,9	10,5
Az8 T9	Intermedio-Tardío	F	joven	3,5	44,3	-10,6	14,6	21,6	16,3
Az8 T13	Intermedio-Tardío	M	joven	3,4	43,5	-11,3	14,9	20,4	13,3

Continuación Tabla suplementaria 2 (S2).

Muestra	Periodo	Sexo	Edad	C/N	C	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ PDB)	N	$\delta^{15}\text{N}$ (‰ AIR)	Rendimiento
Az8 T24	Intermedio-Tardío	F	mediana- madura	3,2	41,6	-12,1	15,1	19,8	13,7
Az8 T25	Intermedio-Tardío	M	joven -mediano	3,5	39,7	-11,8	13,3	20,4	18,6
Az8 T30	Intermedio-Tardío	F	joven	3,5	44,8	-11,6	15,1	20,7	14,5
Az8 T31	Intermedio-Tardío	F	joven	3,4	42,2	-12,2	14,7	17,4	16,6
Az8 T35	Intermedio-Tardío	M	joven	3,5	44,0	-11,2	14,5	20,3	11,4
Az8 T38	Intermedio-Tardío	F	joven	3,4	41,6	-12,2	14,3	20,1	12,9
Az8 T40	Intermedio-Tardío	F	joven -mediana	3,4	43,7	-10,7	15,1	15,2	15,8
Az8 T42	Intermedio-Tardío	M	joven	3,6	44,3	-15,5	14,5	17,5	18,5
Cam8 TA1	Tardío	F	mediana	3,3	43,3	-12,1	15,1	24,0	14,2
Cam8 TA2	Tardío	M	mediano- maduro	3,4	43,5	-11,9	15,0	22,7	15,7
Cam8 TA4	Tardío	M	maduro	3,3	42,7	-11,8	15,3	22,9	16,7
Cam8 TUW1	Tardío	M	maduro	3,3	41,2	-11,6	14,7	21,0	13,9
Cam8 T3	Tardío	F?	mediana	3,2	40,7	-12,2	14,6	25,2	15,9
Cam8 T4 cuad F4	Tardío	M	joven -mediano	3,4	43,6	-11,9	15,0	25,1	19,0
Cam8 T6	Tardío	F	joven -mediana	3,4	42,2	-12,5	14,7	23,8	21,8
Cam8 T9	Tardío	F?	joven	3,4	39,7	-13,1	13,7	23,7	10,5
Cam8 T15	Tardío	F	madura	3,3	40,6	-12,5	14,4	20,5	12,8
Cam8 T19	Tardío	F?	mediana- madura	3,3	41,3	-12,1	14,5	23,4	16,3
Cam9 T2	Tardío	F?	joven?	3,3	41,5	-11,0	14,6	24,2	12,2
Cam9 T8	Tardío	M	mediano	3,3	44,1	-10,9	15,4	24,2	18,4
Cam9 T12	Tardío	F	mediana	3,4	43,2	-11,1	15,0	23,0	19,4
Cam9 T13	Tardío	M	maduro?	3,4	43,7	-10,7	15,1	23,5	12,6
Cam9 T14	Tardío	M	joven	3,7	43,0	-11,7	13,6	24,9	14,5
Cam9 T15	Tardío	I	indeterminado	3,5	44,2	-10,5	14,7	24,8	15,5
Cam9 T16	Tardío	F?	mediana	3,3	42,4	-11,7	14,9	24,3	14,5
Cam9 T19	Tardío	F	joven	3,3	43,2	-11,0	15,3	23,8	21,7
Cam9 T23	Tardío	I	joven	3,4	43,5	-10,3	15,1	24,6	17,9
Cam9 T32c2	Tardío	M	joven?	3,5	43,4	-11,3	14,6	24,8	16,1
Cam9 T33	Tardío	M	mediano	3,4	43,4	-10,4	14,9	24,6	15,6
Cam9 T54c2	Tardío	F?	joven?	3,3	42,8	-11,8	15,0	24,0	15,8
Cam9 T57	Tardío	I	indeterminado	3,4	43,3	-9,9	14,7	24,6	13,4
Cam9 T59	Tardío	F	indeterminado	3,2	42,0	-12,1	15,4	24,8	16,7
Cam9 T61	Tardío	F?	mediana	3,4	41,3	-10,5	14,3	22,0	20,1

Tabla suplementaria 3 (S3). Resultados de pruebas de ANOVA, que muestran diferencias significativas en los valores isotópicos en todos los periodos. Véanse las tablas suplementarias 4-7 para las pruebas de Tukey que muestran qué grupos dentro de los periodos tienen diferencias verdaderamente significativas.

*Results of ANOVA testing of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values between contemporary sites in different geographic areas of the northern Atacama. There are significant differences in isotopic values between sites in all time periods. See supplementary tables 4-7 for results of Tukey's posthoc tests, which shows which groups within each period have truly significantly different values.*

Valores utilizados para ANOVA	Gl.	F	p
Formativo $\delta^{13}\text{C}$	6	66,6	<0,0001
Formativo $\delta^{15}\text{N}$	6	138,3	<0,0001
Medio $\delta^{13}\text{C}$	3	107,6	<0,0001
Medio $\delta^{15}\text{N}$	3	170,8	<0,0001
Intermedio- Tardío $\delta^{13}\text{C}$	4	10,4	<0,0001
Intermedio-Tardío $\delta^{15}\text{N}$	4	36,1	<0,0001
Tardío $\delta^{13}\text{C}$	2	7,9	<0,0001
Tardío $\delta^{15}\text{N}$	2	377,4	<0,0001

Tabla Suplementaria 4 (S4). Resultados de las pruebas post-hoc de Tukey para las regiones del periodo Formativo. Las diferencias significativas se muestran en negrita.

*Results of Tukey's posthoc tests for differences in isotopic values between regions during the Formative period. Significant differences are highlighted in bold.*

Regiones	p ( $\delta^{13}\text{C}$ )	p ( $\delta^{15}\text{N}$ )
Valle de Azapa – Costa de Arica	0,9996110	<b>0,0000000</b>
Valle de Azapa – San Pedro de Atacama	0,7446783	<b>0,0000001</b>
Valle de Azapa- Valle de río Loa	<b>0,0000000</b>	<b>0,0000000</b>
Valle de Azapa – Costa de Tarapacá	<b>0,0000000</b>	<b>0,0000000</b>
Valle de Azapa – Valle de Ayacucho	<b>0,0000001</b>	<b>0,0000009</b>
Valle de Azapa – Tarapacá-40	0,3257581	<b>0,0000000</b>
Costa de Arica – San Pedro de Atacama	0,8959929	<b>0,0000000</b>
Costa de Arica - Valle de río Loa	<b>0,0000000</b>	<b>0,0000000</b>
Costa de Arica – Costa de Tarapacá	<b>0,0000000</b>	0,2492625
Costa de Arica – Valle de Ayacucho	<b>0,0000001</b>	<b>0,0000000</b>
Costa de Arica – Tarapacá-40	0,6811173	<b>0,0000000</b>
San Pedro de Atacama - Valle de río Loa	0,2009384	0,5150449
San Pedro de Atacama - Costa de Tarapacá	<b>0,0000001</b>	<b>0,0000000</b>
San Pedro de Atacama - Valle de Ayacucho	<b>0,0000002</b>	0,9922292
San Pedro de Atacama - Tarapacá-40	1,0000000	0,9206848
Valle de río Loa - Costa de Tarapacá	<b>0,0000000</b>	<b>0,0000000</b>
Valle de río Loa - Valle de Ayacucho	<b>0,0000000</b>	0,2385367
Valle de río Loa - Tarapacá-40	<b>0,0032018</b>	0,9650493
Costa de Tarapacá - Valle de Ayacucho	0,1974919	<b>0,0000000</b>
Costa de Tarapacá - Tarapacá-40	<b>0,0000000</b>	<b>0,0000000</b>
Valle de Ayacucho - Tarapacá-40	<b>0,0000000</b>	0,5999405

Tabla Suplementaria 5 (S5). Resultados de las pruebas post-hoc de Tukey para las regiones del periodo Medio. Las diferencias significativas se muestran en negrita.

*Results of Tukey's posthoc tests for differences in isotopic values between regions during the Middle Period. Significant differences are highlighted in bold.*

Regiones	p ( $\delta^{13}\text{C}$ )	p ( $\delta^{15}\text{N}$ )
Valle de Azapa – Chiribaya Alta	<b>0,0000006</b>	<b>0,0000000</b>
Valle de Azapa – Valle de Ayacucho	<b>0,0004805</b>	<b>0,0000000</b>
Valle de Azapa – San Pedro de Atacama	<b>0,0002511</b>	<b>0,0000000</b>
Chiribaya Alta – Valle de Ayacucho	<b>0,0000000</b>	<b>0,0000000</b>
Chiribaya Alta – San Pedro de Atacama	<b>0,0276238</b>	<b>0,0000000</b>
Valle de Ayacucho – San Pedro de Atacama	<b>0,0000000</b>	<b>0,0000000</b>

Tabla Suplementaria 6 (S6). Resultados de las pruebas post-hoc de Tukey para las regiones del periodo Intermedio-Tardío. Las diferencias significativas se muestran en negrita.

*Results of Tukey's posthoc tests for differences in isotopic values between regions during the Late-Intermediate Period. Significant differences are highlighted in bold.*

Regiones	p ( $\delta^{13}\text{C}$ )	p ( $\delta^{15}\text{N}$ )
Valle de Azapa – Valle de Ayacucho	0,4794323	<b>0,0000000</b>
Valle de Azapa – San Pedro de Atacama	<b>0,0136109</b>	<b>0,0000000</b>
Valle de Azapa – Quillagua	0,9997233	0,9997699
Valle de Azapa – Pica 8	0,2169943	0,6508966
Valle de Ayacucho – San Pedro de Atacama	<b>0,0005947</b>	0,4750305
Valle de Ayacucho – Quillagua	0,3596009	<b>0,0000000</b>
Valle de Ayacucho – Pica 8	0,9998797	<b>0,0000000</b>
San Pedro de Atacama – Quillagua	<b>0,0126072</b>	<b>0,0000000</b>
San Pedro de Atacama – Pica 8	<b>0,0000002</b>	<b>0,0000000</b>
Pica 8 – Quillagua	0,0988061	0,7121266

Tabla Suplementaria 7 (S7). Resultados de las pruebas post-hoc de Tukey para las regiones del periodo Tardío. Las diferencias significativas se muestran en negrita.

*Results of Tukey's posthoc tests for differences in isotopic values between regions during the Late Period. Significant differences are highlighted in bold.*

Regiones	p ( $\delta^{13}\text{C}$ )	p ( $\delta^{15}\text{N}$ )
Valle de Rimac - Caleta Vitor	<b>0,0008590</b>	<b>0,0000000</b>
Valle de Rimac - Camarones	0,1923018	<b>0,0000000</b>
Caleta Vitor - Camarones	<b>0,0146034</b>	<b>0,0002344</b>