

ACERCAMIENTO A LA PALEODIETA EN LA COSTA Y QUEBRADAS TARAPAQUEÑAS DURANTE EL PERÍODO FORMATIVO: ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES A PARTIR DE TRES CASOS DE ESTUDIO

Francisca Santana*, María José Herrera** y Mauricio Uribe***

RESUMEN

El desarrollo del período Formativo (3000-1500 AP) dio paso a la consolidación de nuevas formas de producción y tecnología tales como la agricultura y la alfarería. Al mismo tiempo, ha sido asociado a cambios en la dieta de las poblaciones del pasado relacionándolo con una mayor ingesta de carbohidratos como el maíz. El presente trabajo tiene por objeto caracterizar la dieta consumida por tres individuos provenientes de los sitios formativos Tarapacá 40, Cañamo 3 y Caleta Huelén 2 por medio de análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno. Los resultados obtenidos, en estos casos, dan cuenta de un considerable consumo de recursos marinos en dichos momentos. Se destaca, por otra parte, el caso del individuo femenino de Tarapacá 40, el cual presenta un cambio drástico en su tipo de alimentación desde su infancia a la adultez, con una importante disminución en el consumo de dieta costera durante sus últimos años de vida. Estos datos nos permiten aportar a la discusión de los cambios y continuidades económicas y sociales que se documentan para el Formativo del norte de Chile.

Palabras clave: paleodieta, isótopos estables, período Formativo, Tarapacá.

ABSTRACT

The development of the Formative period (3000-1500 BP) has been related to the consolidation of new ways of production such as agriculture and pottery. At the same time, it has been associated with changes in the diet of ancient populations with an increase in the consumption of carbohydrates such as maize. The aim of this work is to characterize the diet consumed by three individuals from the sites Tarapacá 40, Cañamo 3 and Caleta Huelén through stable isotopes analyses of carbon and nitrogen. Results obtained for the analyses show a considerable consumption of marine resources. It is important to consider the specific case of the female individual belonging to Tarapacá 40 site that presents a drastic change in the type of alimentation during her infancy to her adulthood, with an important decrease in the consumption of coastal diet during her last years of life. These data allow us to make a contribution to the discussion about changes and continuity in the economic and social aspects documented for the Formative period in the North of Chile.

Key words: paleodiet, stable isotopes, Formative period, Tarapacá region.

* Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, University of Oxford. St Hugh's College, St Margaret's Road, Oxford OX2 6LE. Email: francisca.santanasagredo@st-hughs.ox.ac.uk

** Instituto de Ecología y Biodiversidad, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Casilla 653, Santiago, Chile. Email: mjherrera@antropologiafisica.cl

*** Departamento de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile. Ignacio Carrera Pinto 1045, Ñuñoa, Santiago. Email: mur@uchile.cl

Introducción

El período Formativo (3000-1500 AP) se ha caracterizado por ser un momento de importantes cambios en los modos de vida de las poblaciones del pasado, incluyendo modificaciones en las estructuras político-sociales junto con la consolidación de nuevas formas de producción y tecnologías tales como la agricultura, domesticación de animales y la alfarería, entre otros aspectos.

La transición hacia la agricultura que termina de arraigarse durante este período, ha sido estudiada a partir de diferentes metodologías en arqueología y bioantropología, principalmente a base de evidencias indirectas de restos arqueobotánicos (Cohen y Armelagos 1984, Falabella *et al.* 2007) y estudios paleopatológicos (Ortner y Putschar 1981; Cohen y Armelagos 1984; Larsen 1997; Aufderheide y Rodríguez-Martín 1998). Estos últimos estudios en antropología física se encuentran asociados a un aumento de patologías relacionadas con déficit nutricional y estrés fisiológico, tales como la hiperostosis porótica, criba orbitaria, hipoplasias del esmalte dental y líneas de Harris por efecto del consumo de una dieta más rica en carbohidratos que en proteínas (Cohen y Armelagos 1984, Larsen 1997). Sin embargo, los estudios directos para evaluar si realmente hubo una disminución importante en el consumo de proteínas son escasos, quedando aún en duda esta generalización a partir de las evidencias paleopatológicas, en Chile y el mundo.

Durante las últimas tres décadas se han desarrollado técnicas directas para la realización de estudios sobre paleodieta, por medio de análisis de isótopos estables (DeNiro y Epstein, 1978, Schoeninger y DeNiro 1984, Lee-Thorp *et al.* 1989, Tykot 2006, Sealy 2001, Lee-Thorp 2008). Esta metodología permite obtener una mayor aproximación hacia los tipos de recursos consumidos por las poblaciones prehistóricas, complementándose así la evidencia indirecta proveniente de la paleopatología, arqueobotánica o arqueofauna.

En este sentido, en el presente estudio se presentan los resultados obtenidos de tres esqueletos analizados provenientes de los sitios Tarapacá 40, Cañamo 3 y Caleta Huelén 2 del norte de Chile, con el objetivo de caracterizar su dieta y movilidad durante el período Formativo a partir de isótopos estables de carbono y nitrógeno.

Dieta y recursos alimenticios durante el período Formativo

Los estudios sobre paleodieta en el Norte Grande, sobre la base de isótopos estables se ha limitado a los Valles Occidentales de Arica (Aufderheide *et al.* 2002, Tieszen y Chapman 1992), la costa de Pisagua (Aufderheide *et al.* 1994) y el sitio de Caspana en el río Loa para momentos más tardíos (Knudson y Torres-Rouff 2009).

Sin embargo, la paleodieta durante el Formativo ha sido abordada, mayoritariamente, a partir de evidencia arqueológica (especialmente, arqueobotánica y zooarqueológica) y análisis bioantropológico de condiciones de salud oral (Arias 2010, Herrera 2008).

Durante esta época, en Tarapacá las principales ocupaciones se encuentran en las áridas zonas costeras e interior de la Pampa del Tamarugal (Figura 1). Para el caso de la costa arica, algunos de los sitios más relevantes corresponden a Cañamo, Caleta Huelén 42 y 43 y Pisagua con fechas de 4100–2000 AP, 2800 AP y 3000 AP, respectivamente (Aufderheide *et al.* 1994, Núñez y Moragas 1977, Núñez *et al.* 1974, Zlatar 1983). Para estas poblaciones, la evidencia sugiere la existencia de una economía basada en la pesca, recolección y caza de peces, moluscos, mamíferos y aves marinas, junto con una importante recolecta de frutos como algarrobo y chañar (Núñez *et al.* 1974, Zlatar 1983). En Caleta Huelén 42 y Cañamo se han encontrado evidencias, si bien en baja cantidad, de alimentos cultivados tales como maíz y calabaza (Núñez y Moragas 1977, Zlatar 1983). La presencia de productos agrícolas en la costa durante este período ha sido explicada a través de prácticas de contacto e intercambio con grupos del altiplano, descartándose un posible desarrollo de agricultura local. Bajo este supuesto, Aufderheide *et al.* (1994) evaluaron la adaptación marina de poblaciones altiplánicas en Pisagua, por

medio de análisis isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Los autores concluyen que durante el Formativo en Pisagua habría existido un intenso consumo de dieta marina, junto con una menor ingesta de recursos terrestres y maíz. Sin embargo, en la región aún no hay evidencias consistentes ni investigaciones sobre un origen altiplánico para la presencia de maíz en la costa durante el Formativo y menos de su posible consumo como base de la dieta.

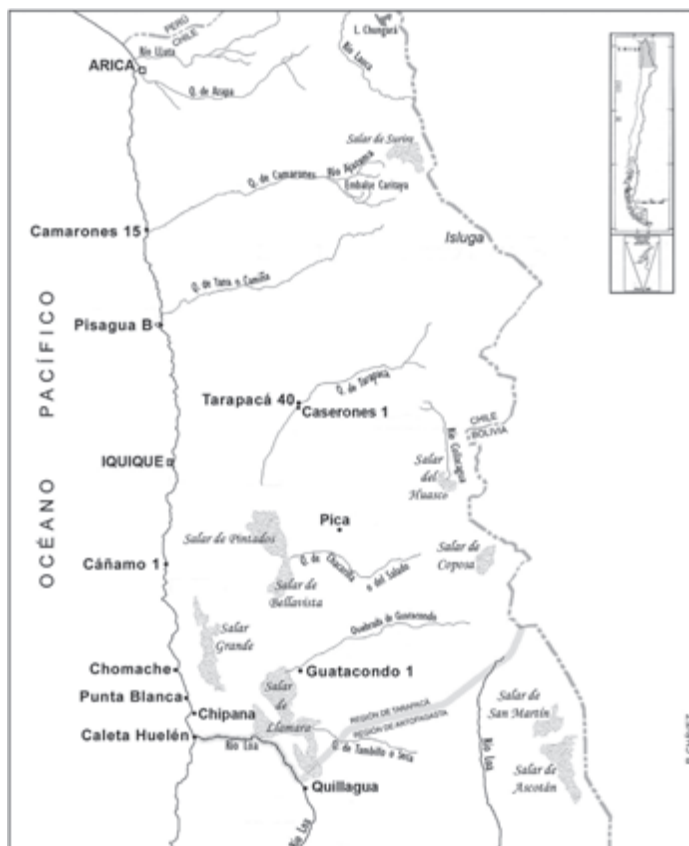


Figura 1. Mapa de la región de Tarapacá con los principales sitios arqueológicos asociados al período Formativo.

Complementariamente, análisis sobre salud oral en la colección bioantropológica del sitio Cañamo 3 han arrojado importantes resultados, observándose que los individuos de este sitio tienen una leve frecuencia de caries (7%), grados severos de desgaste dental y una gran acumulación de tártaro dental (69%), (Arias 2010). La baja frecuencia de caries se explicaría por una baja ingesta de alimentos ricos en carbohidratos en la costa, existiendo un mayor énfasis en el consumo de una dieta netamente marina. Los altos grados de desgaste dental se relacionan con el consumo de algarrobo, el cual posee la característica de ser muy abrasivo; además de la ingesta de alimentos mezclados con restos de arena que provocarían un mayor nivel de abrasión. En este estudio se plantea que los individuos de Cañamo 3 no tendrían un origen altiplánico, ya que la salud oral de la población sería bastante similar a otros grupos costeros del período Arcaico y Formativo de los Valles Occidentales. No obstante, no se descarta que existiera un contacto permanente con poblaciones de las quebradas del interior como Tarapacá (Arias 2010).

Paralelo a la costa se encuentran importantes ocupaciones formativas en las quebradas de Tarapacá y Guatacondo en medio de la Pampa del Tamarugal. En la primera quebrada se ubica la aldea de Caserones (3000-800 AP), su cementerio asociado Tarapacá 40 y el complejo arquitectónico Pircas (2500-1500 AP) al norte de

Caserones. En estos sitios se observan avanzados desarrollos agrícolas y arquitectónicos (Adán y Urbina 2010, Adán *et al.* 2007, Núñez 1982, Núñez 1984). La evidencia arqueobotánica para Caserones indica una importante actividad de recolección del algarrobo junto el cultivo de calabaza, maní, poroto, pallar, papa, quínoa y zapallo (García 2007). Si bien se ha observado la presencia de maíz en el sitio, la agricultura y consumo de éste cultígeno se habría consolidado más bien durante el período Intermedio Tardío alcanzando un grado de importancia fundamental para las poblaciones del Norte Grande, como se observa en el sitio Camiña 1 entre los 1250 a 1450 años DC (García y Vidal 2006). Entre los restos arqueofaunísticos se encuentran camélidos y roedores junto con evidencias de recursos marítimos como mariscos y pescados, además de aves (García y Vidal 2006). Es importante destacar que la presencia de restos marinos en el sitio de Caserones durante el período Formativo habría sido considerable, siendo la frecuencia de restos ictiológicos incluso mayor que la de camélidos y roedores (González comunicación personal 2011). Este patrón habría continuado a inicios del Intermedio Tardío en Caserones, donde los restos ictiológicos corresponden a un 48.1% de la arqueofauna encontrada en el sitio, reflejando la importancia de una economía complementaria entre el interior y la costa durante ambos períodos (González 2006).

Por otra parte, tanto el consumo de frutos de algarrobo y recursos marinos como peces, ha sido corroborado en análisis de coprolitos humanos en restos intestinales de momias de los sitios Tarapacá 40, Caserones Sur y Pircas. Si bien las muestras son escasas (N=5), los análisis reflejan la presencia de semillas de *Chenopodium sp.* y *Prosopis sp.* en los contenidos intestinales de la mayoría de los cuerpos, junto con el hallazgo de restos óseos de ictiofauna en los individuos de Pircas y Caserones. Por lo que la mayor parte de ellos habría consumido en su dieta frutos como el algarrobo y semillas asociadas al género *Chenopodium*, las que no han logrado ser bien identificadas, al igual que la proveniencia de las evidencias ictiológicas. Cabe destacar la ausencia de restos de maíz en los individuos analizados, observándose escasos ejemplares sólo en un individuo de Pircas.

Por otra parte, en el campo de la bioantropología se han realizado recientes estudios sobre condiciones de salud oral en la colección Tarapacá 40 (Herrera 2010). En este caso las caries son más frecuentes (17%) que en Cañamo, el desgaste dental es moderado, y la acumulación de tártaro en su mayoría es leve. La alta frecuencia de caries en este cementerio podría deberse a un alto consumo de alimentos como el maíz y el algarrobo. Paralelamente, el desgaste dental se explicaría por el consumo de una dieta abrasiva representada por el algarrobo. La leve presencia de tártaro en Tarapacá 40, por tanto, estaría relacionada con una posible limpieza mecánica de las piezas dentales por efecto del desgaste dental, disminuyendo la acumulación de partículas (Herrera 2010).

Si bien la evidencia arqueológica y bioantropológica es clara en este sentido, sería de gran interés evaluar si este consumo de algarrobo fue complementario o mayor con respecto a la ingesta de maíz, por medio de análisis de isótopos de carbono. Sin embargo, es importante considerar que los valores del carbono proveniente del colágeno también tenderán a presentar un enriquecimiento por la ingesta de recursos marinos (Sealy *et al.* 1987; Lee-Thorp 2008). Esto debido a que las proteínas de los alimentos marinos se encuentran enriquecidas en ^{13}C . Por esta razón, se analizará también el carbono proveniente de la apatita, la cual no sólo refleja el consumo de proteínas, sino que también la ingesta de carbohidratos y lípidos. De esta manera, se intentará evitar confusiones en relación a los valores del carbono proveniente del colágeno, en caso de que exista un consumo de recursos marinos y maíz.

El consumo de peces y mariscos se corroboraría por medio del análisis de isótopos de nitrógeno, esperándose en caso de que hubiese una ingesta de éstos, altos valores para el nitrógeno (Schoeninger y DeNiro 1984, Tykot 2006); consolidándose así los planteamientos sobre complementariedad de recursos entre la costa y el interior inmediato, aspecto que tendría continuidad con el período Intermedio Tardío y el Complejo Pica-Tarapacá (Moragas 1995, Uribe 2006), cuestionando grandes movimientos poblacionales foráneos y apreciaciones localistas pero reduccionistas del cambio cultural (Núñez y Santoro 2011).

Material y métodos

Se analizaron tres esqueletos provenientes cada uno de las colecciones Tarapacá 40, Cañamo 3 y Caleta Huelén 2, depositadas en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile. En el caso de Tarapacá 40 se seleccionó el esqueleto de un individuo de sexo femenino de aproximadamente 28 ± 2 años de edad. Se tomaron dos muestras de este esqueleto para la realización de los análisis de isótopos estables correspondientes al segundo premolar superior izquierdo y fíbula izquierda (Herrera 2008).

Para Cañamo 3, se seleccionó un esqueleto de sexo femenino de aproximadamente 38 ± 2 años de edad. De este individuo se tomaron dos muestras provenientes de clavícula izquierda y primer premolar superior izquierdo (Herrera 2008). Para Caleta Huelén 2, sólo se seleccionó un primer premolar superior derecho de un individuo adulto mayor de 18 años, del cual no fue posible estimar el sexo del esqueleto.

En la Tabla 1 se detalla mayor información sobre los antecedentes de los individuos seleccionados y las muestras utilizadas para los análisis.

Sitio	Tumba	N° de Inventario	Sexo	Edad	Muestras
Tarapacá-40	29	B0677	Femenino	28 ± 2 años	Segundo premolar superior izquierdo; fíbula izquierda
Cañamo 3	1	B0694	Femenino	38 ± 2 años	Clavícula izquierda; primer premolar superior izquierdo
Caleta Huelén 2	5	Sin número	Indeterminado	Adulto mayor de 18 años	Primer premolar superior derecho

Tabla 1. Detalle de sitios de proveniencia, estimación de sexo, edad y tipo de muestra de los individuos seleccionados para análisis de isótopos estables.

Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Isótopos Estables de la Universidad de Cornell, en Washington, Estados Unidos, donde se realizaron análisis de isótopos nitrógeno y carbono de la fracción orgánica (colágeno) e inorgánica del hueso (apatita).

Isótopos estables y su aplicación para estimación de dieta y movilidad

Un isótopo corresponde a un elemento químico con una misma cantidad de protones pero que difiere en la cantidad de neutrones, es decir, presentan el mismo número atómico pero diferente masa (Tykot 2006, Sharp 2007). Diferentes elementos presentarían uno o más isótopos, los cuales pueden ser estables o radioactivos. Los isótopos radioactivos se caracterizan por decaer en el tiempo, a través de emisiones de radioactividad, lo que permite su utilización como técnicas de datación. Por su parte, los isótopos estables no evidencian actividad radioactiva y mantienen su composición atómica a lo largo del tiempo. Un ejemplo corresponde al caso del elemento carbono, el cual cuenta con tres isótopos: ^{12}C , ^{13}C y ^{14}C , siendo los dos primeros de naturaleza estable y el último radioactivo.

Los isótopos estables son utilizados actualmente para la reconstrucción de dieta y movilidad en poblaciones del pasado (Schoeninger y Moore 1992, Verano y DeNiro 1993, Katzenberg, y Harrison 1997, Sealy 2001, Tykot 2006, Lee-Thorp 2008, Tykot *et al.* 2009). En la mayor parte de los casos la reconstrucción de paleodieta es realizada a partir de isótopos de carbono y nitrógeno (Katzenberg y Harrison 1997, Sealy 2001, Tykot 2006), mientras que para evaluar la movilidad residencial se recurre a los isótopos de oxígeno y/o estroncio (Knudson 2009). Sin embargo, es posible también inferir la movilidad a través de los isótopos de carbono y nitrógeno al

identificar individuos consumiendo dietas a base de recursos marinos pero habitando en lugares lejanos a la costa, tal como lo refleja el estudio realizado por Verano y DeNiro (1993). No obstante, siempre existe la posibilidad de que el consumo de recursos marinos en zonas del interior se deba a intercambio u otras prácticas culturales, por esta razón es siempre recomendable complementar los isótopos de carbono y nitrógeno con oxígeno y estroncio.

La lógica que se sigue para reconstruir parte de la dieta de las poblaciones prehistóricas humanas tiene como fundamento principal el hecho que la composición isotópica de los alimentos consumidos durante la vida de un individuo se conserva en los tejidos óseos y dentales (también en tejidos blandos cuando existe una buena preservación de los cuerpos) después de la muerte (Sealy 2001, Tykot 2006), siempre y cuando no existan mayores alteraciones causadas por efectos de diagénesis (Ambrose 1990, Lee-Thorp y Sealy 2008). Para las piezas dentales la situación cambia debido a que la formación del esmalte ocurre durante diferentes etapas de la infancia, dependiendo de la pieza que se esté considerando. Una vez que el diente termina de formarse su composición no varía, manteniéndose constante por el resto de la vida del individuo (Knudson 2009). De esta manera, al realizar análisis de isótopos estables de las piezas dentales se está evaluando la dieta y movilidad que el individuo tuvo durante su infancia o adolescencia. Así, los estudios en hueso y piezas dentales de un mismo individuo se complementan para dar una perspectiva diacrónica de la dieta y movilidad que éste tuvo durante diferentes momentos de su vida.

Isótopos estables de Carbono

Corresponden a los isótopos de ^{12}C y ^{13}C . Para calcular el $\delta^{13}\text{C}$, se toma en consideración la cantidad de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ presente en la muestra analizada en relación al estándar PDB (Pee Dee Belemnite). Los isótopos de carbono ingresan a la cadena alimentaria a través del proceso de fotosíntesis (Sharp 2007). De esta manera, los vegetales captan las moléculas de $^{13}\text{CO}_2$ y $^{12}\text{CO}_2$ para la producción de glucosa y energía. Sin embargo la cantidad de ^{13}C y ^{12}C que ingresa a los vegetales no es la misma. Dependiendo de la vía fotosintética que el vegetal posea, existirá una mayor o menor captación de ^{13}C . Es así como se pueden reconocer las plantas con patrón fotosintético C_3 , C_4 y CAM.

Plantas con patrón fotosintético C_3 : Este tipo de plantas presenta una alta discriminación en contra del ^{13}C , por esta razón al calcular su composición isotópica los resultados brindan valores bastante negativos con un promedio de $\delta^{13}\text{C} = -26.5\%$ (van der Merwe 1982, Ambrose et al. 2003, Tykot 2006). Algunas especies pertenecientes a esta vía fotosintética corresponden a *Prosopis sp.* (algarrobo), *Lagenaria sp.* y *Cucurbita máxima* (calabaza y zapallo), bastante comunes en el territorio estudiado.

Plantas con patrón fotosintético C_4 : Presentan una menor discriminación en contra del ^{13}C por lo que sus valores son más altos, con un promedio de $\delta^{13}\text{C} = -12.5\%$ (van der Merwe 1982, Ambrose et al. 2003, Tykot 2006). Uno de los ejemplos más relevantes de plantas C_4 corresponde a *Zea mays* (maíz), junto con *Saccharum officinarum* (caña de azúcar).

También se encuentran las plantas CAM, las cuales pueden utilizar tanto la vía fotosintética C_3 como C_4 , correspondiendo a un mecanismo de adaptación a ambientes muy áridos. Por esta razón los valores esperados para $\delta^{13}\text{C}$ se encuentran en el rango entre las plantas C_3 y C_4 (Tykot 2006, Lee Thorp 2008). La mayor parte de estas plantas corresponden al tipo suculentas.

De esta manera, los distintos tipos de plantas son ingeridos por herbívoros y omnívoros, los cuales a su vez reflejarán la composición isotópica del tipo de vegetal consumido. Sin embargo, este valor no será el mismo que el observado en la planta, el cual a su vez tampoco es el mismo que el $\delta^{13}\text{C}$ en la atmósfera. La cantidad de ^{13}C y ^{12}C que ingresa a un organismo varía por efectos de la fotosíntesis y otro tipo de reacciones químicas re-

lacionadas con cinética y equilibrio químico, proceso que se conoce como fraccionamiento (Sealy 2001, Tykot 2006, Sharp 2007, Lee Thorp 2008).

A partir de estudios y experimentos controlados de dieta en animales pequeños se ha llegado a la conclusión que el colágeno del hueso refleja la fracción proteica de la dieta, mientras que la apatita indica los valores de carbono provenientes de toda la dieta, incluyendo proteínas, lípidos y carbohidratos (Ambrose y Norr 1993, Tieszen y Fagre 1993). Es así como se ha propuesto que el carbono asociado al colágeno presenta un enriquecimiento aproximado de 5‰ con respecto a la dieta (Ambrose y Norr 1993). Por ejemplo, si un camélido que posee un $\delta^{13}\text{C}$ de -25‰ es consumido por un omnívoro, se espera que el valor del carbono del omnívoro se encuentre enriquecido en alrededor de -20‰. Con respecto a la apatita, se ha observado que el fraccionamiento varía en relación al tamaño y fisiología del animal, con valores de 9‰ en algunos casos y de 12‰ en otros (Sealy 2001, Lee-Thorp 2008).

Los isótopos de carbono provenientes del colágeno pueden ser utilizados para diferenciar entre dietas basadas en plantas C_3 o C_4 , debido a las importantes diferencias que estas poseen en relación a sus señales de $\delta^{13}\text{C}$ (Tykot 2006). No obstante, se debe tener en consideración que estos isótopos también pueden ser empleados para reconocer el consumo de recursos marinos, debido a que los animales marinos cuentan con valores enriquecidos para el $\delta^{13}\text{C}$ (Lee Thorp 2008). Considerando lo anterior, la diferenciación entre consumo de plantas C_4 y dietas marinas al mismo tiempo, puede llevar a confusión. Por esta razón es recomendable analizar en paralelo el carbono proveniente de la apatita, el cual reflejará con mayor claridad del consumo de plantas C_4 , si se considera que la porción inorgánica del hueso refleja la dieta total (Lee Thorp 2008). Es posible llevar a cabo el cálculo de la diferencia entre el carbono del colágeno y la apatita, el cual generará un valor Δ que contribuye a distinguir entre el consumo de una dieta rica en proteínas o más bien basada en vegetales (Ambrose y Norr 1993). Por ejemplo, si se observa un alto consumo de dieta proteica se espera que la diferencia “col-ap” sea menor que 4‰; en cambio, cuando existe una diferencia mayor a 4‰ es posible asociar los valores observados a un menor consumo de proteínas (Ambrose *et al.* 1997). Si bien estos modelos tienden a ser bastante utilizados en la literatura, se debe tener precaución, ya que sólo son aplicables en su totalidad cuando existe un exclusivo consumo de proteínas o sólo un consumo de plantas C_3 y C_4 .

Isótopos estables de Nitrógeno

Los isótopos de nitrógeno solo pueden ser evaluados a partir del colágeno. Estos análisis son utilizados principalmente para estimar el consumo de una dieta proteica, permitiendo diferencias entre dietas terrestres y marinas (Schoeninger y DeNiro 1984). Los valores de los isótopos de nitrógeno se enriquecen a medida que aumenta la cadena trófica, es por esta razón que en contextos marinos el $\delta^{15}\text{N}$ es más alto, siendo las cadenas tróficas mucho más largas que en los ambientes terrestres (Schoeninger y DeNiro 1984, Sealy *et al.* 1987, Sealy 2001, Lee Thorp 2008).

En la Tabla 2 se resumen los valores esperados para el $\delta^{15}\text{N}$ para una dieta terrestre y una dieta marina a nivel global, y para el caso específico de fauna moderna en el norte de Chile.

Isótopo	Valor esperado Dieta Terrestre global	Valores esperado Dieta Marina (global)	Valor esperado Dieta Terrestre para el Norte de Chile	Valor esperado Dieta Marina para el Norte de Chile
$\delta^{15}\text{N}$	$5.7 \pm 2.2\text{‰}$	$15.6 \pm 2.2\text{‰}$	$-6.6 \pm 1.5\text{‰}$	$18.4 \pm 0.7\text{‰}$

Tabla 2. Valores esperados para el $\delta^{15}\text{N}$ en dietas marinas y terrestres globales (Schoeninger y DeNiro 1984; Sealy 2001) y en dietas marinas y terrestres modernas del norte de Chile, específicamente el caso de Arica y alrededores (Tieszen y Chapman, 1992).

Resultados de Paleodieta

Los resultados obtenidos para la dieta en los tres esqueletos analizados se exhiben en la Tabla 3 junto con las Figuras 2 y 3.

Sitio	Individuo	Muestra	Sexo	Edad	$\delta^{13}\text{C}$ apatita ‰	$\delta^{13}\text{C}$ colágeno ‰	$\Delta^{13}\text{C}_{\text{Cap-col}}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰	C/N
Tarapacá-40	B0677 Tumba 29	Segundo pre-molar superior izquierdo	Femenino	28±2 años	-9.2	-13.1	3.9	26.3	3.4
Tarapacá-40	B0677 Tumba 29	Fíbula izquierda	Femenino	28±2 años	-13.1	-17.7	4.6	12.6	3.1
Cáñamo 3	B0694 Tumba 1	Primer pre-molar superior izquierdo	Femenino	38±2 años	-9.7	-12.3	2.6	25.2	3.2
Cáñamo 3	B0694 Tumba 1	Clavícula izquierda	Femenino	38±2 años	-10.1	-11.9	1.8	26.4	3.3
Caleta Huelén 2	Tumba 5	Primer pre-molar superior derecho			-9.3	-12.9	3.6	25.7	3.2

Tabla 3. Resultados de isótopos estables de carbono colágeno, carbono apatita y nitrógeno para los tres esqueletos analizados.

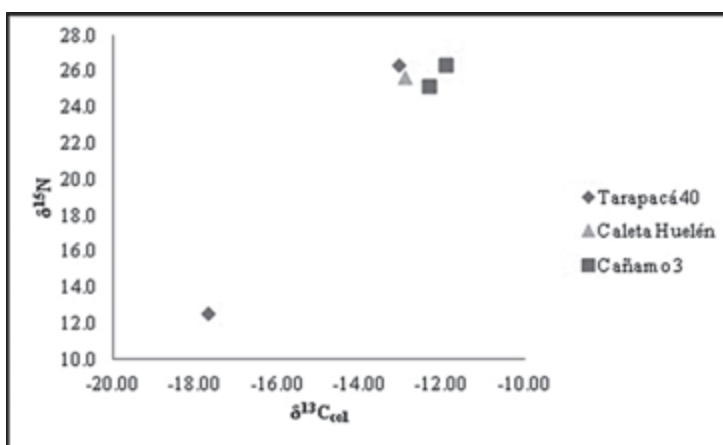


Figura 2. Gráfico de dispersión entre valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para los sitios Tarapacá 40, Caleta Huelén 2 y Cáñamo 3.

Para Tarapacá 40 se analizaron dos muestras de un individuo femenino, una proveniente de pieza dental y la otra de fíbula. Es importante destacar esta diferencia, ya que el segundo premolar superior brinda información sobre la dieta consumida durante los momentos de formación de éste (Katzenberg y Harrison 1997, Lee-Thorp 2008), es decir, entre los dos a seis años de edad aproximadamente (Buikstra y Ubelaker 1994). Por su parte, los resultados obtenidos para la fíbula reflejarán la dieta de los últimos siete a diez años de vida del individuo (Katzenberg y Harrison 1997, Lee-Thorp 2008).

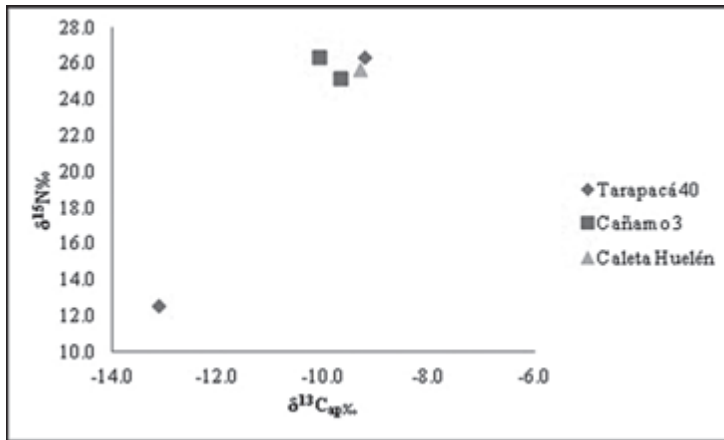


Figura 3. Gráfico de dispersión entre valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{apatita}}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para los sitios Tarapacá 40, Caleta Huelén 2 y Cádiz 3.

En el caso del segundo premolar superior los valores de carbono para el colágeno y la apatita se observan más elevados con respecto a la fíbula, al igual que el nitrógeno (Tabla 3). Es importante destacar que el alto valor obtenido para el $\delta^{15}\text{N}$ de 26.3‰, estaría directamente relacionado con una ingesta de recursos marinos, reflejando una señal incluso más elevada que la esperada comúnmente para una dieta costera (Tykot 2006), aproximándose a los valores de fauna moderna observados por Tieszen y Chapman (1992) en la zona de Arica (Figura 4). Al mismo tiempo, es muy probable que el alto valor observado para el $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ (-13.1‰) se encuentre en relación a los elevados valores de nitrógeno, más que a un consumo de plantas C_4 o maíz. En este sentido, se calculó la diferencia entre el carbono de la apatita y del colágeno con el objeto de evaluar si el carbono proveniente del colágeno se relaciona mayormente con alimentos proteicos enriquecidos en carbono como los recursos costeros o, si bien, refiere a alimentos pobres en proteínas pero enriquecidos en carbono como el caso del maíz.

Los resultados de esta diferencia muestran un valor de $\Delta\delta^{13}\text{C}=3.9\text{‰}$, siendo menor que 4.4‰, por lo que la dieta reflejada en el carbono proveniente del colágeno estaría proviniendo principalmente de fuentes proteicas, confirmando el alto consumo de recursos marinos observado en el nitrógeno.

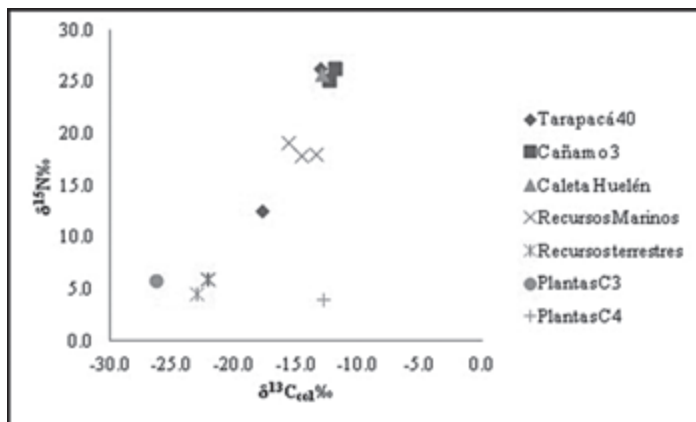


Figura 4. Gráfico de dispersión entre valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para los sitios Tarapacá 40, Caleta Huelén 2 y Cádiz 3. Se incluyen además valores isotópicos de fauna y flora moderna proveniente de la zona de Arica y alrededores recolectada por Tieszen y Chapman (1992).

Por su parte, los resultados obtenidos para la fíbula reflejan un drástico cambio en la dieta del individuo femenino de Tarapacá 40 durante su adultez, con una importante disminución en el consumo de recursos marinos reduciendo su señal de nitrógeno a un poco más de la mitad en relación a la que presentaba durante su infancia ($\delta^{15}\text{N} = 12.6\text{‰}$). El $\delta^{13}\text{C}$ exhibe también señales bajas en relación al premolar, con valores empobrecidos tanto para el carbono proveniente del colágeno como de la apatita. La disminución de la señal del $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ estaría relacionada con la disminución en los valores de $\delta^{15}\text{N}$, reduciéndose a un valor de -17.7‰ . En Cañaño 3 se cuenta con los resultados de una pieza dental correspondiente a un premolar superior de un individuo femenino (formación de esmalte entre los dos a siete años de vida) y una muestra de clavícula. Los valores de los isótopos tanto para la pieza dental como del hueso son bastante similares, manteniéndose un tipo de dieta homogéneo durante la infancia y la adultez, con una alta ingesta de recursos marinos. Esto se refleja en los enriquecidos valores tanto para el $\delta^{13}\text{C}$ como del $\delta^{15}\text{N}$ (Tabla 3), presentando similitudes con los valores obtenidos para el premolar del individuo de Tarapacá 40. No es de extrañar que los niveles de consumo de dieta marina sean importantes, considerando que el individuo proviene de un sitio costero, lo que se evidencia claramente en las señales del nitrógeno y carbono para el premolar y la clavícula, al igual que en las diferencias calculadas para el $\Delta\delta^{13}\text{C}$, siendo mucho menor que 4.4‰ .

En Caleta Huelén 2 observamos una situación muy similar a la de Cañaño 3, en donde la importancia de los recursos marinos se ve nuevamente reflejada en el alto valor obtenido para el $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (Tabla 3). En este caso sólo se analizó un premolar superior, por lo que la información entregada corresponde exclusivamente a la dieta del individuo durante su infancia entre los dos a siete años.

En las Figuras 2 y 3 se presentan los gráficos de dispersión para cada una de las muestras en relación a los isótopos utilizados para la estimación de dieta. En ambas figuras se observa cómo la mayor parte de ellas se agrupan en relación a altos valores de nitrógeno junto con señales enriquecidas de $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$. La excepción corresponde a la muestra de fíbula del individuo de Tarapacá-40, indicando un drástico cambio en su dieta durante su adultez. Considerando sólo el segundo premolar de este individuo tarapaqueño, es posible observar que sus valores se asimilan bastante a los otros dos individuos costeros de Cañaño 3 y Caleta Huelén 2. En los gráficos también se advierte la similitud que existe en los tipos de dieta consumidos por el individuo de Cañaño 3 durante su infancia y su adultez, manteniéndose muy homogéneos.

Discusión y Conclusiones

A partir de los resultados expuestos es posible plantear con seguridad que, al menos, los individuos pertenecientes a los sitios costeros de Cañaño 3 y Caleta Huelén 2, presentan una dieta fundamentalmente basada en recursos marinos, a partir de lo observado en los altos valores obtenidos para $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Por otra parte, las diferencias estimadas entre el carbono proveniente del colágeno y la apatita no permiten confirmar un consumo de maíz entre los individuos analizados, ya que éstas se encuentran bajo el límite de 4.4‰ . Para el caso de Tarapacá 40, el consumo de plantas C_3 estaría relacionado con una alta ingesta de algarrobo, según se desprende también de los análisis de contenidos intestinales realizados por Holden y Núñez (1993), donde fueron halladas semillas de algarrobo, junto con la alta frecuencia de estos frutos en los sitios habitacionales como, por ejemplo, en Caserones (Núñez 1982).

Para el caso del individuo perteneciente a Cañaño 3 el consumo de dieta marina se mantuvo desde la infancia hasta la adultez a partir de los valores observados tanto en la pieza dental analizada como en la muestra de hueso proveniente de la clavícula. Esto se correlaciona positivamente con la alta evidencia arqueológica encontrada en la costa, asociada a un alto consumo de peces y mariscos (Núñez *et al.* 1975, Zlatar 1983). En Caleta Huelén 2 sólo se contó con una pieza dental para el análisis reflejándose exclusivamente la dieta marina durante la infancia del individuo, pero confirmando la estrecha relación entre estas poblaciones costeras y el consumo de recursos marinos durante el Formativo.

Por su parte, el individuo femenino proveniente de la quebrada de Tarapacá presentó interesantes variaciones en la dieta consumida durante su infancia y sus últimos años de vida. A partir del análisis de la pieza dental correspondiente al segundo premolar de este esqueleto fue posible observar que su dieta en la infancia se basó principalmente en recursos marinos. Los valores obtenidos para esta pieza dental se acercan bastante a los individuos de los sitios costeros de Cañaño 3 y Caleta Huelén 2. Luego, al analizar los isótopos obtenidos para la fíbula se detectó una importante baja en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$, tanto de colágeno como de apatita. A pesar de que los valores obtenidos para el nitrógeno son lo suficientemente altos como para inferir el consumo de una dieta costera, este enriquecimiento podría estar respondiendo a una adaptación fisiológica del cuerpo a condiciones de aridez, tanto de los propios individuos humanos o bien de los animales que consumieron.

Los valores del $\delta^{15}\text{N}$ pueden presentar variaciones debido a posibles efectos causados por el ambiente como, por ejemplo, la baja presencia o ausencia de precipitaciones y/o por la adaptación fisiológica de los animales ante situaciones de estrés ambiental (como aridez y falta de agua), (Ambrose y DeNiro 1986, Heaton *et al.* 1986, Heaton 1987, Sealy *et al.* 1987, Ambrose 1991, Schwarcz *et al.* 1999, Sponheimer *et al.* 2003, Murphy y Bowman 2006). Hasta el día de hoy no se tienen claras conclusiones en relación a cuál de estos dos factores estaría causando una mayor influencia en el incremento de los valores de nitrógeno. Si bien se han generado nuevas hipótesis, como la planteada por Murphy y Bowman (2006), en la cual se propone un enriquecimiento del nitrógeno más que nada por un consumo plantas con elevados valores de $\delta^{15}\text{N}$; esta investigación corresponde exclusivamente a la región de Australia con ambientes y fauna diferente, por lo que podría estar reflejando una situación particular. Aún son necesarias una mayor cantidad de investigaciones relacionadas con el tema en regiones áridas tales como Sudáfrica y Egipto o la costa de Perú y el norte de Chile.

De todas maneras presentamos aquí algunos ejemplos de estos trabajos que pueden contribuir a la comprensión de la situación del norte chileno. Estudios isotópicos realizados en herbívoros de zonas áridas de África (Ambrose 1991), han demostrado que los valores del nitrógeno tienden a elevarse en relación a animales herbívoros que viven en zonas húmedas y de bajas temperaturas. Esto se produciría por un efecto de adaptación a las condiciones de escasez de agua y sequedad, en donde los animales conservan sus reservas de líquido a partir de la excreción de una orina muy concentrada para evitar estrés. Esta orina concentrada contiene una alta cantidad de urea, la que a su vez se caracteriza por estar muy empobrecida en nitrógeno. De esta manera, al eliminar una orina concentrada, además de conservarse más agua, se contiene una mayor cantidad de nitrógeno en el cuerpo, utilizándose para la síntesis de tejidos y funciones celulares que aumentan las señales del $\delta^{15}\text{N}$ en estos animales. Es importante señalar también que análisis de isótopos estables en huesos de camélidos provenientes del sitio Tulán 54 en Chile, presentan altos valores para el nitrógeno con un máximo de 13.3‰ (López 2010); lo que probablemente esté confirmando los efectos de las condiciones áridas del desierto de Atacama en la fisiología animal y humana. No obstante, estos valores sólo han sido observados en el Salar de Atacama, ya que en fauna moderna los camélidos tienden a presentar valores de nitrógeno entre 5 a 6‰ (Tieszen y Chapman 1992)

En suma, para este caso es muy probable que el consumo de recursos marinos produzca un incremento en la composición isotópica del nitrógeno, especialmente considerando que en el sitio de Caserones ha sido encontrada considerable evidencia de fauna marina asociada a restos de pescado y mariscos (Núñez 1982, González 2006). Al mismo tiempo, es importante mencionar que el $\delta^{15}\text{N}$ observado para recursos marinos modernos del norte del país, es también considerablemente alto con valores alrededor de 18‰ (ver Tabla 1.)

Sin embargo, es notable la disminución en el consumo de dieta costera por parte de este individuo femenino de Tarapacá 40; lo que no solo se refleja en sus isótopos estables, sino también en sus paleopatologías, exhibiendo problemas de déficit nutricional y estrés fisiológico a partir criba orbitaria e hiperostosis porótica (Herrera 2008). Considerando lo anterior, planteamos que este individuo durante su infancia habría vivido en sitios costeros o bien sitios muy cercanos a la costa, ya que su valor de $\delta^{15}\text{N}$ es uno de los más altos con los

que se cuentan dentro de Chile y el mundo. De hecho, estas altas señales de nitrógeno sobre los 20‰ solo se han observado en poblaciones costeras como las Chinchorro y de Camarones 14 (Tieszen *et al.* 1992), o poblaciones cercanas a la costa como Quillagua (Santana 2011). Las poblaciones de los valles interiores, si bien poseen niveles de nitrógeno muy elevados, no alcanzan a llegar a señales sobre los 22‰. Es por esta razón que asociamos este tipo de dieta con una posible residencia en la costa o cercana a ella. Por lo tanto, no es difícil considerar la probabilidad de que durante su adultez, ya sea por razones de parentesco o lazos de carácter social y/o económico, esta persona haya migrado hacia la quebrada de Tarapacá, cambiando no sólo su lugar de residencia, sino que también sus hábitos alimentarios. En este punto sería de gran utilidad complementar este tipo de estudios con análisis de isótopos de oxígeno y estroncio.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos para los tres individuos analizados, es importante resaltar el hecho de que, al parecer, en ninguno de ellos el maíz habría estado conformando parte esencial de su dieta. Es más, casi todos ellos, a excepción del individuo de Tarapacá 40 durante su adultez, evidencian una base dietética asociada al consumo de recursos marinos. Esta información se correlaciona con la escasa evidencia de restos de maíz observada en los análisis de contenidos intestinales realizados por Holden y Núñez (1993), junto con lo propuesto por García y Vidal (2006) sobre una consolidación y gran relevancia del maíz principalmente durante el período Intermedio Tardío. Este planteamiento es coincidente con los resultados isotópicos obtenidos para el cementerio Oriente de Quillagua, inmediatamente al sur de Tarapacá y cercano a la costa (Santana 2011), con ocupaciones asignadas al Intermedio Tardío, y en donde una parte considerable de los individuos analizados refleja claras señales de carbono asociadas a consumo de plantas C_4 , a diferencia de lo que ocurre con los individuos del Formativo evaluados en esta oportunidad.

De esta manera, aunque inicial, este estudio genera argumentos para un cuestionamiento del clásico modelo que relaciona al período Formativo con una revolución neolítica, en donde el cambio hacia una economía agrícola, basada principalmente en el consumo de maíz habría ocurrido en forma drástica (Muñoz 1989). Más bien, tal como posteriormente replantea Muñoz (2004), este cambio habría ocurrido en forma más bien gradual, en donde la población “*tuvo en los recursos marinos su mejor aporte dietético en los momentos en que hubo trastornos con los cultivos experimentales*” (Muñoz 2004: 216). Es decir, la importancia en el consumo de recursos marinos se mantiene en el tiempo como base de la dieta de las poblaciones del Formativo, según también se refleja en los resultados obtenidos para los análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno de estos tres individuos. Sin embargo, a futuro es necesario ampliar estos análisis con una mayor cantidad de muestras que permitan confirmar en forma más consistente la importancia de la dieta marina durante el Formativo, sobre todo en las quebradas del interior; y, especialmente, para evaluar la supuesta transición agrícola hacia una ingesta de plantas C_4 en poblaciones como las de Tarapacá 40 y Caserones donde existen claras evidencias arqueobotánicas de maíz (Núñez 1982; Núñez y Santoro 2011), pero que en el presente estudio no fueron reflejadas por las señales isotópicas. De esta forma, esperamos prontamente los resultados de 16 muestras más para estos mismos sitios, las que se encuentran en proceso con el propósito de ahondar en la complejidad del período.

En este sentido, los estudios a partir de análisis de isótopos estables, además de resolver interrogantes con respecto a los tipos de dieta y movilidad de las poblaciones prehistóricas, permitirán aproximarnos a otras problemáticas relacionadas con aspectos sociales de diferenciación a nivel de género, etario y estatus con respecto a la dieta en sociedades cada vez más complejas (Gumerman 1997). Como por ejemplo el caso del individuo femenino de Tarapacá 40, en el cual se observa un drástico cambio en la dieta durante la infancia y la adultez, derivando en un precario estado de salud durante sus últimos años de vida posiblemente relacionados con aspectos de género, origen y estatus. Lo que, consecuentemente, sería de gran utilidad para comprender de mejor manera las dinámicas sociales y políticas durante el período Formativo, constituyendo además un importante puente interdisciplinario entre la antropología física y la arqueología.

Agradecimientos. A Macarena Arias por su colaboración brindando información sobre las colecciones Cacánamo 3 y Caleta Huelén, así como a Fabián Póntigo por sus comentarios sobre el manuscrito. Este trabajo se enmarca dentro de los objetivos del proyecto FONDECYT 1080458, Período Formativo en Tarapacá: Progreso y tragedia social en la evolución y la temprana complejidad cultural del Norte Grande de Chile, Andes Centro Sur.

REFERENCIAS CITADAS

Adán L. y S. Urbina.

2010. Arquitectura quebradeña del Complejo Pica-Tarapacá: modos de hacer, opciones de diseño, rasgos significativos y decisiones funcionales. *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, tomo II: 865-876, Valdivia.

Adán, L., S. Urbina y M. Uribe.

2007. Arquitectura pública y doméstica en las quebradas de Tarapacá: asentamiento y dinámica social en el Norte Grande de Chile. *Taller Procesos Sociales Prehispánicos en los Andes Meridionales*. Editado por A. Nielsen, C. Rivolta, P. Mercolli, M. Vásquez y V. Seldes, pp. 183-206. Editorial Brujas, Córdoba.

Ambrose, S.

1990. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for stable carbon and nitrogen isotope analysis. *Journal of Archaeological Science*, 17: 431-451.

Ambrose, S.

1991. Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs. *Journal of Archaeological Science* 18: 293-317.

Ambrose, S y M. DeNiro.

1986. The isotopic ecology of East African mammals. *Oecologia* 69: 395-406.

Ambrose, S. 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. In: Lambert, J.B., Grupe, G. (Eds.), *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level*. Springer-Verlag, Berlin: 1-37.

Ambrose, S., J. Buikstra y H. Krueger.

2003. Status and gender differences in diet at Mound 72, Cahokia, revealed by isotopic analysis of bone. *Journal of Anthropological Archaeology*.22: 217-226.

Ambrose, S., B. Butler, D. Hanson, R. Hunter-Anderson y H. Krueger.

1997. Stable isotopic analysis of human diet in the marianas archipelago, western pacific. *American Journal of Physical Anthropology* 104: 343-361.

Arias, M.

2010. *Colecciones bioantropológicas y análisis de estado de salud y Dieta en una población formativa de la costa desértica del interfluvio Iquique-Loa*. Informe de práctica profesional, Departamento de Antropología, Universidad de Chile, Santiago. Manuscrito.

Aufderheide, A., S. Aturaliya y G.Focacci.

2002. Pulmonary disease in a sample of mummies from the Az-75 cemetery in Northern Chile's Azapa valley. *Chungará* 34: 253-263.

Aufderheide, A. y C. Rodríguez-Martín.

1998. *Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Aufderheide, A., M. Kelley, M. Rivera, L. Gray, L. Tieszen, L. Iversen, R. Krouse y A. Carevic.

1994. Contributions of chemical dietary reconstruction to the assessment of adaption by ancient highland immigrants (Alto Ramírez) to coastal conditions at Pisagua, North Chile. *Journal of Archaeological Science*. 21: 515-524.

Buikstra, J. y D. Ubelaker.

1994. *Standards for data collection from human skeletal remains*. Arkansas Archeological Survey Research Series n° 44, Fayetteville.

Cohen, M y G. Armelagos (eds.).

1984. *Paleopathology at the origins of Agriculture*. Academic Press, Orlando.

DeNiro, M., and Epstein, S. 1978. Influences of diet on the carbon isotope distribution in animals. *Geochimica et Cosmochimica*, 42: 495-506.

Falabella, F., T. Planella, E. Aspillaga, L. Sanhueza y R. Tykot.

2007. Dieta en sociedades alfareras de Chile Central: aporte de análisis de isótopos estables. *Chungará* 39 (1): 5-27.

García, M.

2007. *Plantas y arqueología del Complejo Pica-Tarapacá: espacio doméstico, contexto de uso, asociaciones materiales*. Memoria de título en Arqueología. Departamento de Antropología. Universidad de Chile.

García, M. y A. Vidal.

2006. Distribución y contexto de uso de las plantas arqueológicas del asentamiento Camiña-1 (1250-1450 años DC), Región De Tarapacá. *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, tomo II: 1225-1235. Valdivia.

González, J.

2006. Arqueofauna del complejo Pica-Tarapacá (950-1450 años DC) I región de Tarapacá, Norte de Chile. *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, tomo I: 59-69. Valdivia.

Gumerman, G.

1997. Food and complex societies. *Journal of Archaeological Method and Theory* 4: 105-139.

Heaton, T.

1987. The $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ratios of plants in South Africa and Namibia: Relationship to climate and coastal/saline environments. *Oecologia* 74: 236-246.

Heaton, T., J. Vogel, G. Chevallier, G. Collet.

1986. Climatic influence on the isotopic composition of bone nitrogen. *Nature* 322: 822-823.

Herrera, M.J.

2008. Informe de muestras esqueléticas y dentales para análisis de isótopos estables de esqueletos de los sitios Cañamo 3 y Tarapacá 40 (Período Formativo Tarapacá). Informe FONDECYT 1080458. Santiago. Manuscrito.

Herrera, M.J.

2010. Caracterización de los modos de vida y análisis de salud y dieta a través de piezas óseas y dentales en esqueletos del cementerio Caserones-Tarapacá 40 (Período Formativo, Región de Tarapacá). Informe de Práctica Profesional, Departamento de Antropología, Universidad de Chile. Manuscrito.

Holden, T. y L. Núñez.

1993. An analysis of the gut contents of five well-preserved human bodies from Tarapacá, Northern Chile. *Journal of Archaeological Science* 20: 595-611.

Katzenberg, M., y R. Harrison.

1997. What's in a bone? Recent advances in archaeological bone chemistry. *Journal of Archaeological Research* 5: 265-293.

Knudson, K.

2009. Oxygen isotope analysis in a land of environmental extremes: the complexities of isotopic work in the Andes. *International Journal of Osteoarchaeology* 19: 171-191.

Knudson, K y C. Torres-Rouff.

2009. Investigating cultural heterogeneity in San Pedro de Atacama, Northern Chile, through biogeochemistry and bioarchaeology. *American Journal of Physical Anthropology* 138: 473-485.

Larsen, C.

1997. *Bioarchaeology, Interpreting behavior from human skeleton*. Cambridge University Press, United Kingdom.

Lee-Thorp, J.

2008. On isotopes and old bones. *Archaeometry* 50: 925-950.

Lee-Thorp, J., y J. Sealy.

2008. Beyond documenting diagenesis: The fifth international bone diagenesis workshop. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 266: 129-133.

Lee-Thorp, J., J. Sealy, y N. 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: 585-599.

López, P.

2010. *Isótopos estables en restos de camélidos de Quebrada Tulán (II región Chile): uso del espacio durante el Formativo Temprano (ca. 1300-2400 AP)*. Memoria para optar al grado de Magíster en Antropología. Universidad Católica del Norte.

Moragas, C.

1995. Desarrollo de las Comunidades Prehispánicas del Litoral Iquique-desembocadura Río Loa. *Hombre y Desierto*. N°9: 65-80.

Muñoz, I.

1989. El período Formativo en el Norte Grande. *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. 107-128. Andrés Bello, Santiago.

Muñoz, I.

2004. El período Formativo en los valles del norte de Chile y sur del Perú: Nuevas evidencias y comentarios. *Actas del XV Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, tomo I: 213-225. Arica.

Murphy, B., y D. Bowman.

2006. Kangaroo metabolism does not cause the relationship between bone collagen $\delta^{15}\text{N}$ and water availability. *Functional Ecology*, 20: 1062-1069.

Núñez, L.

1982. Temprana emergencia de sedentarismo en el desierto chileno: Proyecto Caserones. *Chungará* 9: 80-122.

Núñez, L.

1984. El asentamiento Pircas: nuevas evidencias de tempranas ocupaciones agrarias en el Norte de Chile. *Estudios Atacameños* 7: 152-177.

Núñez, L. y C. Moragas.

1977. Ocupación cerámica temprana en la secuencia del distrito de Cádiz (Costa Desértica del Norte de Chile). *Estudios Atacameños* 5: 21-49.

Núñez, L. y C. Santoro.

2011. El tránsito Arcaico-Formativo en la circumpuna y valles occidentales del Centro-Sur Andino: Hacia los cambios neolíticos. *Chungará* 43 (1): 487-530.

Núñez, L., V. Zlatar y P. Núñez.

1975. Caleta Huelén-42: una aldea temprana en el Norte de Chile. Nota preliminar, Universidad de Panamá. *Revista Hombre y Cultura* II (5): 67-103.

Ortner, D y W. Putschar

1981. *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*. Smithsonian Contributions to Anthropology N° 28. Smithsonian Institution Press, Washington

Santana, F.

2011. *Multiculturalidad en el cementerio Oriente de Quillagua ¿co-existencia de grupos culturales? Una aproximación desde la bioantropología mediante análisis de isotópicos de dieta y movilidad en el curso inferior del río Loa, Período Intermedio Tardío*. Memoria de Título en Antropología Física. Departamento de Antropología, Universidad de Chile.

Sealy, J.

2001. Body tissue chemistry and paleodiet. In *Handbook of Archaeological Sciences*. Editado por D. Brothwell, y M. Pollard. John Wiley & Sons, LTD, West Sussex.

Sealy, J., N. van der Merwe, J. Lee-Thorp y J. Lanham.

1987. Nitrogen isotopic ecology in Southern Africa: Implications for environmental and dietary tracing. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51: 2707-2717.

Sharp, Z.

2007. *Principles of Stable Isotope Geochemistry*. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ.

Schoeninger, M., y M. J. DeNiro

1984. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48(4): 625-639.

Schoeninger, M. y K. Moore. 1992. Bone stable isotope studies in archaeology. *Journal of World Prehistory* 2 (6): 247-296

Sponheimer, M., T. Robinson, L. Ayliffe, B. Roeder, J. Hammer, B. Passey, A. West.

2003. Nitrogen isotopes in mammalian herbivores: hair ? ^{15}N values from a controlled feeding study. *International Journal of Osteoarchaeology* 13: 80-87.

Schwarcz, H. P., T. Dupras y S. Fairgrieve.

1999. ^{15}N Enrichment in the Sahara: In Search of a Global Relationship. *Journal of Archaeological Science* 26: 629-636.

Uribe, M.

2006. Acerca de complejidad, desigualdad social y el complejo cultural Pica-Tarapacá en los Andes Centro-Sur (1000-1450 d.C.). *Estudios Atacameños* 31: 91-114.

Tieszen, L. y M. Chapman.

1992. Dietary reconstruction based on carbon, nitrogen, and sulfur stable isotopes in the Atacama Desert, Northern Chile. *Actas del I Congreso Internacional de estudios sobre Momias*, tomo I: 427-441. Tenerife.

Tieszen, L. y T. Fagre.

1993. Effect of diet quality and composition on the isotopic composition of respiratory CO_2 , bone collagen, bioapatite, and soft tissues. In *Prehistoric human bone-archaeology at the molecular level*. J. Lambert and G. Grupe (Eds), 125-55, Springer-Verlag, Berlin.

Tieszen, L., E. Iversen y S. Matzner.

1992. Dietary reconstruction based on carbon, nitrogen and sulfur stable isotopes in the Atacama Desert, Northern Chile. *Proceedings of the First World Congress on Mummy Studies*, tomo I: 427-441. Tenerife

Tykot, R.

2006. Isotope analyses and the histories of maize. *Histories of maize: multidisciplinary approaches to the prehistory, linguistics, biogeography, domestication and evolution of maize*. Editado por J. Staller, R. Tykot y B. Benz:131-142. Academic Press, Burlington, Massachusetts.

Tykot, R., F. Falabella M. Planella, E. Aspillaga, L. Sanhueza y C. Becker.

2009. Stable isotopes and archaeology in Central Chile: methodological insights and interpretative problems for dietary reconstruction. *International Journal of Osteoarchaeology* 19: 156-170.

van der Merwe, N.

1982. Carbon isotopes, photosynthesis and archaeology: Different pathways of photosynthesis cause characteristic changes in carbon isotope ratios that make possible the study of prehistoric human diets. *American Scientist* 70: 596-606.

Verano, J y M. De Niro,

1993. Locals or foreigners? Morphological, biometric and isotopic approaches to the question of group affinity in human skeletal remains recovered from unusual archaeological context. *Investigations of ancient human tissue: Chemical analysis in anthropology*. Editado por M.K. Sandford , pp. 361-386. Gordon and Breach, Langhorne, Pennsylvania.

Zlatar, V.

1983. Replanteamiento sobre el problema Caleta Huelén 42. *Chungará* 10: 21-28.