



UNIVERSIDAD DE CHILE

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Sociales
Departamento de Antropología

INFLUENCIA DE TIWANAKU EN LA DIETA DE SAN PEDRO DE ATACAMA: ANÁLISIS DE LA DIFERENCIACIÓN SOCIAL, VISTA DESDE EL CONSUMO DE ALIMENTOS.

Memoria para optar al Título de Antropóloga Física

Estudiante: Anahí Maturana Fernández
Profesor Guía: Miriam Pérez de los Ríos
Co-tutor: Francisca Santana Sagredo

Agradecimientos

Esta memoria fue realizada luego de años de trabajo y muchísima introspección personal. Escribir una tesis siempre es difícil y requiere de mucha entereza del investigador para salir adelante frente a los diversos obstáculos que se van interponiendo en el camino que significa terminar un ciclo académico.

Es en estos momentos que toma gran importancia el apoyo de nuestros círculos cercanos, quienes nos alientan a perseverar y salir adelante. Agradezco a todos quienes me escucharon quejándome de los diversos problemas por los que pasé durante este periplo y cuyos consejos fueron un remezón para continuar y darle fin a este proceso.

Primero, agradezco al proyecto FONDECYT 1110461 por introducirme al tema de análisis de isótopos estables y permitirme realizar esta investigación, la que sinceramente espero poder continuar profundizando a futuro. Especialmente, doy gracias a mi co-tutora Francisca Santana por su constante colaboración y entrega de conocimientos, cada consejo fue una iluminación salvadora.

A mis compañeros de carrera y amigos entrañables, Pablo Varas, Camila Balcazar y Constanza Silva. Su apoyo moral ha sido más grande que las distancias que nos separan y a pesar de que soy una pésima amiga siempre han estado presentes, ya sea con un mensaje o una visita llena de reflexiones a la orilla de la laguna.

Agradezco a mi familia por apoyar las decisiones que he tomado a lo largo de estos años, en especial a mis abuelos que me acogieron incondicionalmente y me entregaron el espacio de resguardo que necesitaba para salir adelante.

Finalmente, agradezco a mi pareja Javier Fonseca por alentarme a creer en mí misma y no tener miedo de enfrentarme a nuevos desafíos. Eres el mejor compañero que podría desear y espero siempre poder recurrir a tu opinión y franqueza.

Índice

1. Introducción.....	4
2. Antecedentes	6
2.1. El Periodo Medio en San Pedro de Atacama (400-950 dC).....	8
2.2. Evidencias osteológicas.....	12
3. Marco Teórico	16
4. Problema de Investigación.....	18
5. Hipótesis	18
6. Objetivos	19
7. Metodología	20
7.1. Material	20
7.2. Procedimiento	21
7.3. Indicadores de salud	23
7.4. Isótopos Estables.....	24
8. Resultados	33
8.1. Movilidad.....	33
8.2. Paleodieta	36
8.2.1. Comparaciones de Paleodieta según categorías.....	41
9. Discusión	45
10. Conclusión	53
11. Referencias	54

1. Introducción

El oasis de San Pedro de Atacama ha sido foco de gran interés arqueológico, ya que en este lugar existió una intensa ocupación humana que – gracias a las favorables condiciones climáticas – podemos rastrear para conocer los modos de vida de los primeros atacameños desde su asentamiento, y siguiendo el desarrollo histórico de estas poblaciones a lo largo del tiempo.

El periodo Medio (400-1000 d.C) corresponde al período de expansión del Estado Tiwanaku, que incorporó vastos territorios desde la cuenca del Titicaca hasta la ultraperiferia surandina a través de diversos sistemas de inclusión. En el sector del oasis de San Pedro de Atacama, esta inserción fue de forma indirecta y afectó fuertemente en los modos de vida de la población local: producción, comercio e ideología sufrieron algún grado de cambio con la llegada del Estado Tiwanaku a la zona.

Las investigaciones realizadas sobre el impacto social y cultural que generó la introducción de prácticas, ritos, intercambio de bienes e ideología Tiwanaku se han desarrollado principalmente a partir del contexto asociado en ajuares funerarios, los que dan cuenta de transiciones a nivel material en la población.

Los cambios en la forma en que se relacionan las poblaciones atacameñas entre sí, y con otros grupos no-locales, han sido ampliamente analizados a través de los bienes materiales que dan cuenta de los vínculos entre el área de San Pedro y sus alrededores. Dentro del cambio en el modo de vida, la dieta también se ve afectada; en el oasis de San Pedro de Atacama no hay evidencias de que se haya potenciado la producción sistemática de alimentos por parte del Estado Tiwanaku, probablemente porque existían otras regiones que producían yuca, maíz, coca, calabaza, etc. en abundancia (BERENGUER Y DAUELSBERG, 1989). Por lo tanto, se esperaría que hubiese una introducción de estos alimentos a cambio de los bienes suntuarios que se producen localmente.

Se espera que las diferencias sociales vistas en las ofrendas mortuorias también estén presentes en los modos de alimentación de los diferentes grupos del oasis de San Pedro de Atacama. Para evidenciar esto, se utilizarán marcadores de dieta y de estrés para estimar si existieron diferencias significativas entre los distintos sectores de la comunidad local durante el Periodo Medio. Con estas herramientas, esperamos comprobar la hipótesis de heterogeneidad cultural en el oasis de San Pedro, producto de la interacción con el Estado Tiwanaku, y cómo los grupos con mayor grado de interacción con las esferas no-locales tuvieron acceso a una mayor cantidad y variedad de alimentos.

2. Antecedentes

El oasis de San Pedro de Atacama se ubica en la segunda región de Antofagasta, en uno de los sectores más áridos del mundo, con una precipitación aproximada de 0-20 mm anual (KNUDSON, 2009). La población que habita este lugar se centra en torno a la cuenca del salar de Atacama, espacios con recursos disponibles para el desarrollo local (LLAGOSTERA, 1996). Debido a sus características particulares, el oasis de San Pedro corresponde a un punto estratégico en las rutas de caravaneo entre la costa y la puna, el Noroeste Argentino (NOA) y el sur de Bolivia (BERENGUER Y DAUELSBERG, 1989; CASTRO et al, 2016). El tráfico interregional fue el motor principal de desarrollo en la sociedad de San Pedro, ya que establecía las necesidades de producción local para comercializar con las otras aldeas (Ibid).

La ocupación del oasis de San Pedro tiene una larga data de poblamiento, desde la fase Tilocalar (3450-2250 AP) y Toconao (2250-1850 AP) (HUBBE et al, 2011). Sin embargo, la ocupación de los ayllus se vuelve más numerosa e intensiva alrededor del período Formativo Medio (500a.C-100d.C), la cual se consolida como núcleo poblacional y eje de interacción regional durante el Formativo Tardío (100-400 d.C) (CASTRO et al, 2016) . En la búsqueda de tierras propicias para la agricultura, se traslada el núcleo articulador de las relaciones de integración hacia los oasis bajos (2000-2500 msm), cercano a quebradas y desembocaduras de ríos (LLAGOSTERA, 1996). La ocupación estable del oasis fomentó la recolección de frutos locales como el algarrobo (*Prosopis chilensis*) y el chañar (*Geoffroea decorticans*), junto con la explotación de recursos agrícolas, de las que aparecen las primeras evidencias de maíz (*Zea Mays*).



Figura 1. Mapa de la región Surandina, con la ubicación de San Pedro de Atacama y Tiwanaku (Modificado de Knudson, 2009).

Desde este sector se establecen los intercambios con la costa y con la puna seca de altura: *“varias clases de moluscos, indican intercambios y relaciones con otros territorios como el Pacífico y el N.O.A., tal cual lo anunciaba la mayor variabilidad de cerámicas alisadas, pulidas, gruesas y/o foráneas.”* (AGÜERO, 2005). El sitio de Coyo-12 presenta evidencia de peces, evidenciando que el tráfico por el eje costero no solo sirvió para conseguir objetos rituales o de adorno (conchas), sino que también para acceder a recursos alimenticios del mar (LLAGOSTERA, 1996). El tráfico de estos recursos, junto con el maíz, el algarrobo y el chañar, constituyen

la base desde la que se integran estas poblaciones en esta emergente red de intercambio (Ibíd).

Ya en el formativo tardío se observa la consolidación económica del oasis, seguido de un crecimiento poblacional que acrecienta la complejidad social interna. Durante el período de influencia Tiwanaku, el poblamiento de los ayllus en torno al área de San Pedro (Quitor, Tchecar, Sequitor, etc) muestra un aumento en su ocupación central (CASTRO et al, 2016) y posteriormente comienza una expansión hacia las zonas de periferia con fines agrícolas. Ello se debe a la emergencia de innovaciones tecnológicas para irrigar artificialmente terrenos a los que no alcanzaba el curso de los ríos Vilama y San Pedro. Esta expansión agrícola permitió a la población local enfrentarse a la demanda del tráfico interregional (BERENQUER Y DAUELSBERG, 1989).

2.1. El Periodo Medio en San Pedro de Atacama (400-950 dC)

El desarrollo cultural de la población en torno a los oasis bajos fue interceptado por el Estado Tiwanaku, sociedad con la cual establecieron vínculos desde el intercambio de bienes. La ubicación privilegiada del oasis de SPA hizo de esta zona el centro de tráfico interregional entre la costa, el desierto, los oasis de baja altura, las selvas orientales y los valles del NOA (BERENQUER Y DAUELSBERG, 1989; LLAGOSTERA 1996; CASTRO et al, 2016).

En general, son pocos los consensos respecto a la relación entre SPA y Tiwanaku. Parte de la dificultad radica en que, en los procesos expansivos los medios empleados para integrar periferia y centro son de naturaleza ideológica casi en su totalidad y difíciles de identificar desde la evidencia material (BERENQUER, 1998). Varias de las explicaciones en torno a este vínculo se basan en el modelo de “verticalidad” de Murra (1972).

Existe una hipótesis que se basa en contactos directos entre la población local y el altiplano a través de la presencia física de colonizadores foráneos con un alto carácter religioso:

“La influencia de Tiwanaku en San Pedro, es de carácter religioso, no se limita solamente a la adquisición de rasgos materiales sino que implica, la presencia de portadores de dicha influencia. Tales portadores no son otra cosa que un tipo de orden sacerdotal estratificado que introduciría nuevos elementos rituales, tales como el culto a la cabeza trofeo. En dicha orden, los del estrato superior son extranjeros, al menos en un primer momento y los del estrato inferior son locales. Esta influencia religiosa se circunscribe a los estratos altos de la sociedad atacameña, agudizando especialmente la diferenciación social”. (BENAVENTE et al, 1986).

Sin embargo, el grueso de las interpretaciones mencionan que las relaciones entre San Pedro y Tiwanaku son de forma indirecta, cuyos modelos giran en torno al tráfico e intercambio de bienes entre los distintos espacios regionales.

Núñez y Dillehay (1979) plantean un sistema de movilidad complementaria convergente donde las grandes diferencias entre los pisos ecológicos de los Andes Centrales fomentaron el desarrollo de caravanas de camélidos que trasladaran bienes, actividad que aumentó con la emergencia y expansión de Tiwanaku. Estos grupos caravaneros trasladaban bienes e ideologías haciendo rotar sus circuitos entre dos o más asentamientos ejes, es decir, entre tierras altas a la costa y viceversa con desvíos a zonas interiores marginales, de modo que en un giro se contactaran al menos dos ejes opuestos (NÚÑEZ Y DILLEHAY, 1979; NÚÑEZ 1996).

De este modo, cada comunidad lograba acceder a los bienes que necesitaba, sin la necesidad de producirlos, ya que en la interacción con el sistema de giros mayor lograba difundir sus excedentes a cambio de bienes a los que no podía acceder de forma independiente. Las actividades de intercambio se habrían caracterizado por el traslado de excedentes hacia las áreas aledañas a cambio de

objetos suntuarios con fines parafernáticos, y bienes tropicales y marítimos por parte de las comunidades de la Cuenca del Titicaca (NÚÑEZ Y DILLEHAY, 1979 en KUSMANIC Y SANHUEZA, 1984).

Berenguer y colaboradores (BERENGUER, CASTRO Y SILVA, 1980: BERENGUER Y DAUELSBERG, 1989) están de acuerdo con la importancia fundamental del sistema de intercambio de bienes, pero cuestionan que este transcurso haya sido homogéneo. El proceso de jerarquización que se fue acentuando durante el Horizonte Medio privilegió a aquellos sectores capaces de establecer nuevas alianzas, lo que implicaba reorganizar los vínculos políticos con otros grupos locales o de áreas adyacentes (LLAGOSTERA, 1996; LESSA Y MENDOÇA DE SOUZA, 2004). Desde el intercambio de bienes entre los jefes comienzan a circular bienes de consumo inmediato, los cuales podrían distribuirse dentro de la comunidad, a la vez que los jefes acumulan objetos de estatus. La inversión en ajueres y rituales religioso-mortuorios expone la necesidad de diferenciar estatus por parte de *“... individuos que, merced a su influencia social y política y a su participación en las redes de complementariedad económica, han alcanzado posiciones que los distinguen del resto de la población”* (BERENGUER Y DAUELSBERG, 1989).

Otro modelo que trata la filiación de objetos o estilos Tiwanakotas en San Pedro es el modelo altiplánico, o de integración horizontal (BROWMAN, 1980) – en contraposición al modelo de control vertical de Murra. En este sistema, los bienes eran intercambiados en centros especializados o “mercados”, espacios considerados como federaciones semi-independientes a la cabecera política. El intercambio mercantil fue el factor clave en la mantención de la influencia de Tiwanaku desde la distancia, en tanto utiliza las materias primas importadas para transformarlas en bienes manufacturados que reexporta a los mercados locales (BERENGUER Y DAUELSBERG, 1989; LLAGOSTERA 1996). Los contactos a distancia habrían fomentado los vínculos sociopolíticos y económicos entre las poblaciones del altiplano.

Llagostera enfatiza que la estructura política, social y económica de integración con el mundo andino existía previamente a la expansión Tiwanaku. Según esta perspectiva, en el oasis se habría insertado en un eficiente sistema de complementariedad “reticular” a través del cual circulaba, obtenía y reciprocaba todo tipo de bienes entre los pueblos integrados a esta red solidaria. De estos objetos, algunos eran accesibles a toda la comunidad, pero los bienes como las pipas y tabletas se movían dentro de esferas que reforzaban el estatus y la jerarquía entre las élites (LLAGOSTERA, 1996; 2010).

La representatividad de la influencia Tiwanaku se hace muy clara con el aumento de la parafernalia asociada a los complejos inhalatorios (LLAGOSTERA et al, 1988; LLAGOSTERA, 1996, 2006; BERENQUER Y DAUELSBERG, 1989; LESSA Y MENDOÇA DE SOUZA, 2004). El complejo psicotrópico juega un papel importante en la definición de las jerarquías políticas, por lo que la aparición de artefactos psicotrópicos en los ajuares funerarios serían evidencia de la nueva cosmovisión imperante, la cual se habría absorbido y difundido desde las esferas locales a través de jefaturas, sin la necesidad de colonos procedentes de Tiwanaku.

Otro elemento de importancia es la abundancia de objetos metálicos durante el período Medio, en comparación al período Formativo y al Intermedio Tardío (LLAGOSTERA 1996, 2006; BERENQUER Y DAUELSBERG 1989; NÚÑEZ, 2006; SALAZAR et al, 2011, 2014). El 15,9% de las tumbas en Solcor-3 fueron enterrados con placas, joyas y otros objetos metálicos (TORRES-ROUFF, 2008). Si bien no se descarta una pequeña producción metalúrgica local, el grueso de las herramientas u objetos metálicos encontrados en ajuares son de origen altiplánico (cultura Tiwanaku) o del NOA (cultura Aguada) (SALAZAR et al, 2011, 2014; SALAZAR 2012).

El desarrollo alfarero acompañó este proceso, alcanzando un alto refinamiento tecnológico y estético a través de una alfarería negra pulida muy fina, caracterizada por botellas, cuencos y platos que cumplían funciones rituales (URIBE, 2012). Además, se ha observado que un 30% de las tumbas de 22

cementerios de San Pedro de Atacama, y que presentan implementos inhalatorios, poseen alguna pieza foránea en su ajuar alfarero (LLAGOSTERA, 1996), corroborando la importancia de la parafernalia inhalatoria en las relaciones de intercambio. En el caso del cementerio Solcor-3 se encuentran objetos foráneos de procedencia Tiwanaku y también se encuentran elementos no-locales que no corresponden a la iconografía tipo de Tiwanaku, lo que sugiere que existió una red de intercambio extensa que abarcó zonas como el Noroeste Argentino y sectores Bolivianos no-tiwanakota (TORRES-ROUFF, 2008).

2.2. Evidencias osteológicas

La diferenciación social dentro de San Pedro de Atacama durante este período se observa también desde aspectos biológicos. La buena preservación de los restos humanos y contextos asociados en los cementerios permiten la observación y análisis de indicadores de salud y estilo de vida de las poblaciones prehispánicas del Período Medio.

El uso de tembetás se hizo una práctica común durante el Período Medio (IRIBARREN CHARLÍN 1950, EN TORRES-ROUFF 2008). Por otro lado, la modificación craneana tabular erecta persistió como la deformación tipo en la región de Atacama (TORRES ROUFF, 2008), tradición que ligeramente se vio afectada por la interacción con el Estado Tiwanaku, expresado en la introducción de formas anulares de modificación craneana (NADO et al, 2012). De este modo, percibimos que la incorporación de prácticas foráneas fueron aceptadas voluntariamente por parte de la gente local y no como consecuencia de un proceso de dominación desde el centro político.

Dado que el área de San Pedro de Atacama era un punto de alto tráfico transhumántico (caravanas), se propone que la estructura poblacional local aumentó su variabilidad genética durante el período Medio, producto del contacto con otras regiones (VARELA Y COCILOVO, 2000, 2009; TORRES-ROUFF et al,

2013). A pesar de que no hubo un proceso migratorio masivo, existen casos documentados de sujetos que no provienen del área de San Pedro (ej. TORRES-ROUFF & KNUDSON, 2007). También hay casos registrados de individuos femeninos que presentan signos de Leishmaniasis (MARSTELLER et al 2011), infección que no se contrae en ambientes áridos como es el desierto de Atacama, por lo que se estima que existieron oleadas migratorias desde y hacia ambientes donde sí hay registro de esta patología, como es la yunga Argentina (TORRES-ROUFF et al, 2013; COSTA Y LLAGOSTERA, 2014).

Estudios relacionados con la dieta y nutrición de San Pedro para el Período Medio muestran que hubo un aumento significativo en la estatura de las colecciones clasificadas como Tiwanaku (NEVES Y COSTA, 1998), junto con una disminución en la frecuencia de caries, lo que podría significar una disminución en el consumo de carbohidratos (COSTA et al, 2004; HUBBE et al, 2012). Estas diferencias son más notorias en los individuos masculinos, mientras que en el caso de las mujeres pareciera existir una continuidad temporal con variaciones leves. Además, muestran una disminución en el grado de desgaste considerado “severo”, lo que se explica como consecuencia de “... *un mayor acceso a fuentes de alimentos menos fibrosos (menos abrasivos), como la carne, por ejemplo, o pasaron menos tiempo masticando alimentos fibrosos, atenuados por formas más intensas de preparación preoral*” (COSTA et al, 2004.).

En el caso de los indicadores de estrés esquelético –hiperostosis porótica e hipoplasia del esmalte– hubo un aumento no significativo para el período Tiwanaku, en comparación a la fase previa; sin embargo, los cambios en las frecuencias son poco concluyentes y no se pueden asociar con un cambio en el estilo de vida de la población (Ibíd.).

En general, la hipótesis de mejoras en la calidad de vida se sustenta en algunos de los marcadores utilizados. Se plantea que el aumento en el consumo de recursos cárnicos sería el factor de cambio entre los distintos períodos, por sus propiedades alimenticias: “*La carne, además de ser menos cariogénica y abrasiva, es también una fuente alimenticia rica en proteínas y energía y, además de ello, es*

el único elemento que puede explicar, en conjunto, las modificaciones de los tres marcadores osteológicos” (COSTA et al, 2004).

No obstante, estos análisis macroscópicos no han permitido establecer fehacientemente si la mejora en la calidad de vida de la población está relacionada con un cambio en el patrón dietario producto de la influencia Tiwanaku, dado que los indicadores estudiados pueden tener múltiples componentes operantes, como son los casos de estrés óseo que no están relacionados necesariamente con cambios en la nutrición (STUART, 1992).

Si bien se considera que durante el Período Medio se generó un ambiente de prosperidad, estudios recientes han puesto el foco en la desigualdad social y el impacto que tuvo la relación con el Estado Tiwanaku en el incremento de la tensión social dentro de los ayllus (CASTRO et al, 2016; LESSA Y MENDOÇA DE SOUZA, 2004; TORRES-ROUFF 2011).

La frecuencia de traumas óseos relacionados con episodios de violencia interpersonal están presentes a pesar del clima de prosperidad que existe en este período (LESSA Y MENDOÇA DE SOUZA, 2004; TORRES-ROUFF Y COSTA, 2006; TORRES-ROUFF 2011). Estos episodios de violencia podrían estar expresando las diferencias en las organizaciones sociales existentes, la reorganización del poder político, económico y religioso hacia las jerarquías locales con influencia del Estado Tiwanaku (LESSA Y MENDOÇA DE SOUZA, 2004; TORRES-ROUFF, 2011).

Hubbe y colaboradores (HUBBE et al, 2012) analizaron si la desigualdad social también se expresaba en la dieta de la población, estableciendo la presencia de grupos de elite y no-elite en el Período Medio, clasificación realizada en base a la presencia de elementos foráneos en los ajueres mortuorios contrastando la formación de estos grupos con las evidencias dentales de dieta de cada individuo.

Anterior a esta investigación, las comparaciones que se habían realizado sobre la condición nutricional de los individuos eran realizadas a través del tiempo, paradigma que se cambia bajo nuevas dataciones en ^{14}C , estableciendo que los

grupos considerados como “Pre-Tiwanaku” eran contemporáneos a los sujetos clasificados como Tiwanaku (Ibíd.). Nuevamente se plantea el aumento en el consumo de carnes como el factor que estaría generando este cambio, siendo los individuos masculinos de los grupos de elite quienes adquieren un mayor acceso a estos recursos.

3. Marco Teórico

Los estudios de paleodieta en grupos prehistóricos son abundantes en el registro arqueológico. No obstante, la discusión sobre estos temas apuntan en su mayoría a la subsistencia o a la caracterización de los alimentos que componen la dieta de una población (TWISS, 2012), ocultando muchas veces los procesos culturales subyacentes a la adquisición, distribución y consumo de estos.

Más allá de su valor nutritivo, los alimentos poseen una importancia social en las poblaciones humanas. Pueden ser la expresión de la identidad de un grupo, el mecanismo que mueve las relaciones económicas y sociales en una población o entre poblaciones, y como un símbolo en algunos aspectos culturales (rituales, religión, poder político, entre otros) (CURET Y PESTLE, 2010; TWISS, 2012).

Cuando el individuo consume un alimento, este se vuelve parte de él, en un proceso conocido como “*embodiment*”, personificación o encarnación (TWISS, 2007; WHITE et al, 2009; SANTANA, 2011). Esta incorporación de la identidad social al cuerpo físico mediante la incorporación de ciertos nutrientes puede ser de forma consciente o inconsciente dota al individuo con las significancias simbólicas de la comida y refuerza al alimento como una metonimia del sujeto (TWISS, 2007).

En las poblaciones humanas, los desarrollos de organización social y económica humana son, en gran medida, las respuestas a los cambios en los métodos para la adquisición y distribución de alimentos (DENIRO, 1987). Bajo esta premisa, podemos comprender aspectos de la identidad de un individuo a partir de sus hábitos alimenticios (dieta costera, dieta terrestre, consumo de alimentos exógenos, etc), así como también podemos observar la evolución de un grupo social a partir del cambio en sus patrones dietarios, como ha ocurrido con la introducción del maíz en las poblaciones americanas (SCHOENINGER & MOORE, 1992; TYKOT, 2006; FALABELLA et al, 2008).

La comida es uno de los símbolos más potentes en la construcción de la identidad, ya que expresan las costumbres alimenticias, formas productivas o mecanismos

de adquisición, distribución, consumo y desecho –actividades que se desarrollan en un contexto de relaciones sociales con un fuerte componente cultural (SOMERVILLE et al, 2015). Se le considera un agente activo en la construcción de las relaciones identitarias al interior de todas las sociedades preindustriales, ya que los procesos asociados con la adquisición y consumo de ciertos alimentos reproducen, refuerzan o quiebran los vínculos sociales o las estructuras políticas, dependiendo de la complejidad del grupo (CURET Y PESTLE, 2010).

Del mismo modo que se pueden clasificar ciertos bienes suntuarios como indicadores de estatus, se pueden utilizar las diferencias de dieta como evidencia de segregación social. Los sujetos con mayor riqueza y poder pueden acceder a alimentos preferenciales –generalmente de origen escaso, a dietas más enriquecidas o a una mayor variedad de alimentos (TURKON, 2004).

La comida puede ser utilizada también para negociar la posición social a través del control y posesión de alimentos de prestigio; la valorización de ciertos alimentos permite que la elite demuestre su elevado estatus, en cuanto la posesión de estos alimentos se convierte en un símbolo de su autoridad (Ibíd.).

En este sentido, El consumo de ciertos productos alimenticios podrían ser vistos como marcadores de afiliación grupal o como un indicador de divisiones sociales internas (MINTZ Y DU BOIS, 2002; TURKON, 2004; TWISS, 2007; CURET Y PESTLE, 2010).

4. Problema de Investigación

Teniendo en consideración el amplio registro de materiales arqueológicos no-locales en los ayllus de San Pedro durante el Periodo Medio y las evidencias bioantropológicas de cambios en el estilo de vida en comparación a los momentos previos y posteriores al contacto con Tiwanaku, desprendemos las siguientes preguntas de investigación:

¿Se pueden establecer los cambios en las dinámicas de diferenciación de la población de San Pedro de Atacama mediante su patrón dietario?, ¿fue la intromisión del Estado Tiwanaku un agente de cambio en la nutrición de la población de San Pedro durante el período Medio?

5. Hipótesis

5.1. Hipótesis nula

La influencia del Estado Tiwanaku no generó cambios en los patrones dietarios, manteniendo una distribución de los recursos alimenticios homogénea y transversal, sin diferencias de grupos al interior de la población local.

5.2 Hipótesis alternativa

El aumento en el tráfico de bienes durante el Periodo Medio impactó de forma heterogénea a la población de San Pedro de Atacama, lo cual se traduce en formas desiguales de distribución y variedad de la dieta.

6. **Objetivos**

6.1. **Objetivo General.**

Caracterizar los componentes de la dieta en el cementerio de Solcor-3 durante el Período Medio y estimar si existieron diferencias significativas en el consumo de alimentos al interior de la población local durante la intervención del Estado Tiwanaku.

6.2. **Objetivos específicos.**

- Analizar los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en colágeno y bioapatita de fragmentos óseos, pertenecientes a la colección osteológica Solcor-3.
- Estimar la distribución y diferencias de dieta en la población esquelética de la colección Solcor-3 en base a las proporciones de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.
- Establecer si los individuos de la muestra corresponden al oasis de San Pedro de Atacama o si son sujetos no-locales, en base a las diferencias de sus niveles de $\delta^{18}\text{O}$.
- Construir un correlato cualitativo y cuantitativo de la población según sus dietas, perfil biológico y elementos funerarios asociados.

7. Metodología

7.1. Material

El cementerio de Solcor-3 corresponde a la colección más grande y mejor preservada que representa al período Tiwanaku en toda su extensión. Este cementerio fue excavado en 1986 por el equipo del Museo RP Padre Le Paige (BRAVO Y LLAGOSTERA, 1986). Los enterramientos suman un total de 93 tumbas con 153 cuerpos, que comprenden hombres, mujeres y niños; estos cuerpos están esqueletizados o dentro de fardos funerarios (LEYTON, 2017), de los cuales algunos se encuentran disturbados y sin contexto arqueológico claro (LESSA Y MENDOÇA DE SOUZA, 2004).

Durante mucho tiempo se consideraba que la ocupación del cementerio Solcor-3 abordaba fases Pre-Tiwanaku y Tiwanaku, estimaciones realizadas en base a clasificaciones estilísticas y fechados en cerámicas (BRAVO Y LLAGOSTERA, 1986). Sin embargo, Hubbe y colaboradores (HUBBE et al, 2012) fecharon en hueso con ^{14}C una muestra de la colección Solcor-3, identificando temporalmente a los sujetos clasificados como Pre-Tiwanaku, los que en verdad correspondían a la transición entre la fase Quito y Coyo, rango temporal que en total abarca entre 673-981 d. C.¹

¹ Datos generados por Beta Analytics nº 305869 y 305870, calibrados usando la curva de calibración (SHCal04) en Calib 6 (Stuiver et al., 1993 en Hubbe et al., 2012).

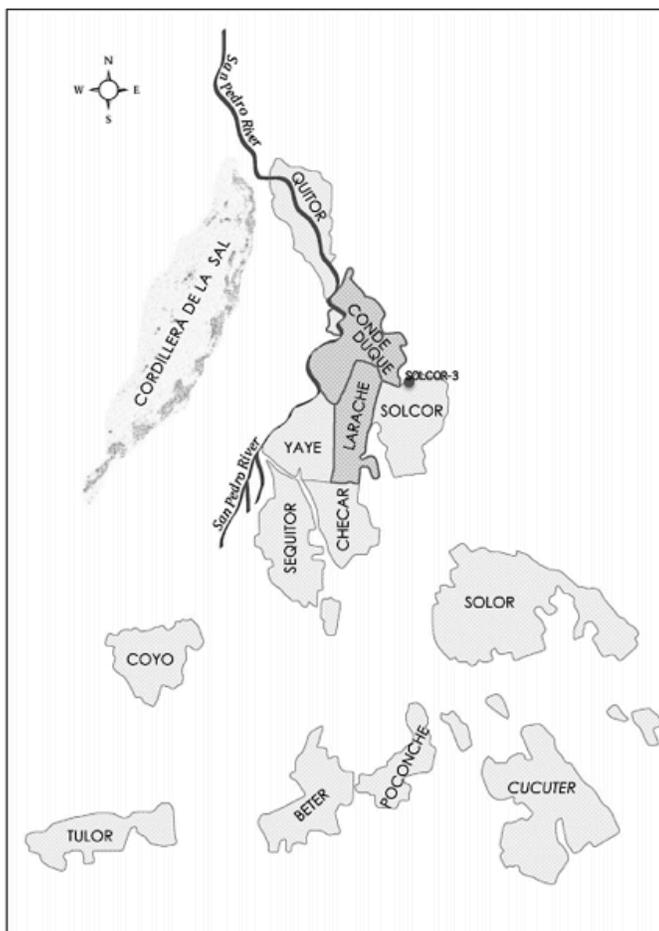


Figura 2. Detalle de los ayllus que componen oasis de San Pedro de Atacama, indicando la ubicación del sitio Solcor-3. Modificado de Salazar et al, 2014.

7.2. Procedimiento

El material de estudio corresponde a 30 muestras óseas pertenecientes a la colección Solcor-3, ubicada en el Instituto de Investigaciones Arqueológicas del Museo R.P. Gustavo Le Paige (IIAM). Las muestras fueron recopiladas bajo el proyecto FONDECYT 1110461 y enviadas al Laboratorio de Isotopos Estables de la Universidad de Cornell, Estados Unidos (COIL), donde se realizaron los procedimientos de limpieza, pulverización y análisis óseo para colágeno y bioapatita. Se eligió la 12^o u 11^o costilla, ya que morfológicamente carecen de valor informativo importante en la construcción del perfil biológico del individuo. En los casos que no se pudieron elegir estas piezas se utilizaron fragmentos óseos,

falanges u otras costillas más proximales. Antes de proceder a fragmentar el material de análisis, se realizaron copias íntegras de todas las piezas óseas que se encontraran completas (Figura 3).

Además de la extracción de muestras, se realizó una ficha que incluye un perfil biológico general (sexo, edad y estado de completitud) bajo los estándares compendiados (BUIKSTRA Y UBELAKER, 1994; KRENZER, 2006), junto con un registro sobre el estado general de sus piezas dentales, presencia de periodontitis y abscesos. También se registraron indicadores de estrés fisiológico: hipoplasia del esmalte, criba orbitaria e hiperostosis porótica, los cuales serán utilizados en conjunto de los valores de isótopos de dieta.



Figura 3. Réplicas de las muestras óseas en costillas y falanges, sitio Solcor-3.

7.3. Indicadores de salud

El esqueleto de un individuo es una gran fuente de información respecto a su salud, dieta, estilo de vida, ancestría y otros atributos biológicos importantes (LARSEN, 2002). Mediante la observación, comparación y medición de rasgos osteológicos, el investigador puede ver una serie de atributos que identifican la biología del sujeto, así como también puede inferir comportamientos que este individuo haya realizado durante su vida.

A nivel esquelético, se puede observar la interrupción del desarrollo tisular en dientes y huesos, cuando se producen eventos deprivatorios durante el proceso de formación y crecimiento del individuo. En dientes, se pueden identificar macroscópicamente observando la presencia de fallas en la depositación del esmalte. Esta deficiencia, llamada hipoplasia del esmalte, se presenta como surcos o líneas en que la densidad del esmalte se ve disminuida o ausente (LARSEN, 2002). Si bien existen diversas causas que pueden conllevar a esta patología, se suele asociar con eventos de desnutrición durante la infancia (WRIGHT, 1997).

Los huesos también se ven afectados cuando un individuo pasa por periodos de privación. La anemia provoca cambios en los huesos debido a la hipertrofia de la médula que se genera por el aumento en la producción de glóbulos rojos en respuesta a este síntoma (LARSEN, 1997; ORTNER, 2003). El aumento en la producción medular resulta en el deterioro de la capa exterior del hueso compacto y por tanto, la exposición de la diploe, dándole al tejido óseo una apariencia irregular y de áreas hipervasculizadas. Esta reacción ósea, conocida como hiperostosis porótica, posee un origen multifactorial dentro de las que destacan la escasez de proteínas cárnicas, infecciones, parásitos y la inhibición de la absorción del hierro debido a la presencia de los fitatos del maíz (LARSEN, 1997; SELDES, 2006). Otro signo visible a nivel esquelético que aparece en los eventos de estrés ya mencionados es la destrucción de la capa externa en el techo de las orbitas oculares o criba orbitalia.

Si bien hemos visto que los indicadores a utilizar no remiten a una causa única, se les utiliza frecuentemente como indicadores de salud y dieta, ya que los nutrientes absorbidos de los alimentos constituyen gran parte de la salud y bienestar de un individuo. Por lo tanto, una alimentación baja en estos nutrientes generalmente está ligada a patologías infecciosas y altos niveles de estrés fisiológico, que conllevan a la alteración o disrupción del crecimiento normal de los tejidos.

7.4. Isótopos Estables

Los isótopos estables son formas de un elemento que varían en su número másico, pero manteniendo su número atómico; por lo tanto, se identifican en base a las diferencias en el número de neutrones. Se les denomina estables, ya que perduran con esa configuración en el tiempo y no están afectados a los procesos diagenéticos, en comparación a los isótopos radioactivos. Dentro de los elementos de la naturaleza, destacan los isótopos de carbono (^{12}C y ^{13}C) y nitrógeno (^{14}N y ^{15}N), pues la concentración relativa de sus formas isotópicas se encuentran directamente relacionados con la ingesta de ciertos alimentos (DENIRO & EPSTEIN, 1978 y 1981; SCHOENINGER & DENIRO, 1984; MAYS, 1998).

Las ventajas de utilizar el análisis de isótopos estables para estudios de dieta radican en la posibilidad de inferir la dieta general de cada individuo, dado que los isótopos presentes en los tejidos derivan directamente de la ingesta alimenticia (FALABELLA et al, 2007; SANTANA, 2011). No depende de la preservación de restos alimenticios, los que suelen degradarse rápidamente - especialmente en restos orgánicos como las plantas (LEE THORP, 2008).

Incluso, se pueden realizar análisis no sólo de los restos humanos, sino que puede mapearse experimentalmente los valores de isótopos estables en la flora y fauna de una zona en períodos contemporáneos o arqueológicos, estableciendo una caracterización de los nichos ecológicos en cuestión.

El carbono posee dos isótopos estables: ^{12}C y ^{13}C , siendo el primero el de mayor abundancia (98,9% y 1,1% respectivamente (TYKOT 2006)). La razón comparativa de $\delta^{13}\text{C}$ permite estimar la abundancia de ^{13}C en plantas y la ruta fotosintética que sigue (C_3 o C_4). Se denominan “plantas C_3 ”, cuando generan un compuesto de tres carbonos en el inicio de su ruta fotosintética. Por otro lado, las “plantas C_4 ” fijan su carbono mediante una vía fotosintética distinta, la cual entre otras características posee una menor capacidad de discriminación hacia los isótopos de ^{13}C (KATZENBERG, 2008). De este modo, valores mayores de $\delta^{13}\text{C}$ son indicativos de dietas enriquecidas en alimentos C_4 . Dentro de la variedad de plantas C_4 destaca el maíz, ya que su consumo es extendido en América y el cultivo de este cereal suele estar asociado a procesos significativos de complejización social.

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre plantas y consumidores suele ser muy estrecha. Estudios experimentales demostraron que el $\delta^{13}\text{C}$ de un individuo es muy similar a los valores de su dieta (DENIRO & EPSTEIN, 1978). Sin embargo, existe un ligero factor de enriquecimiento (ϵ) que va aumentando de 1-2 ‰ conforme a la cadena trófica (LEE-THORP, 2008).

En el hueso, se pueden analizar los valores de $\delta^{13}\text{C}$ tanto en la porción orgánica (colágeno) como en su porción inorgánica (bioapatita). El carbono presente en el colágeno proviene de la ingesta y síntesis de aminoácidos. Es por ello que las fibras de colágeno presentes en el hueso reflejan el componente proteico de la dieta, preferentemente el consumo de carnes (AMBROSE Y NORR, 1993; SULLIVAN Y KRUEGER, 1981; LEE-THORP, 2008). Sin embargo, algunos aminoácidos del maíz son utilizados en menor medida en la síntesis de colágeno (ca.10% de contenido proteico), enriqueciendo los valores de $^{13}\text{C}_{\text{col}}$ (TYKOT, 2004).

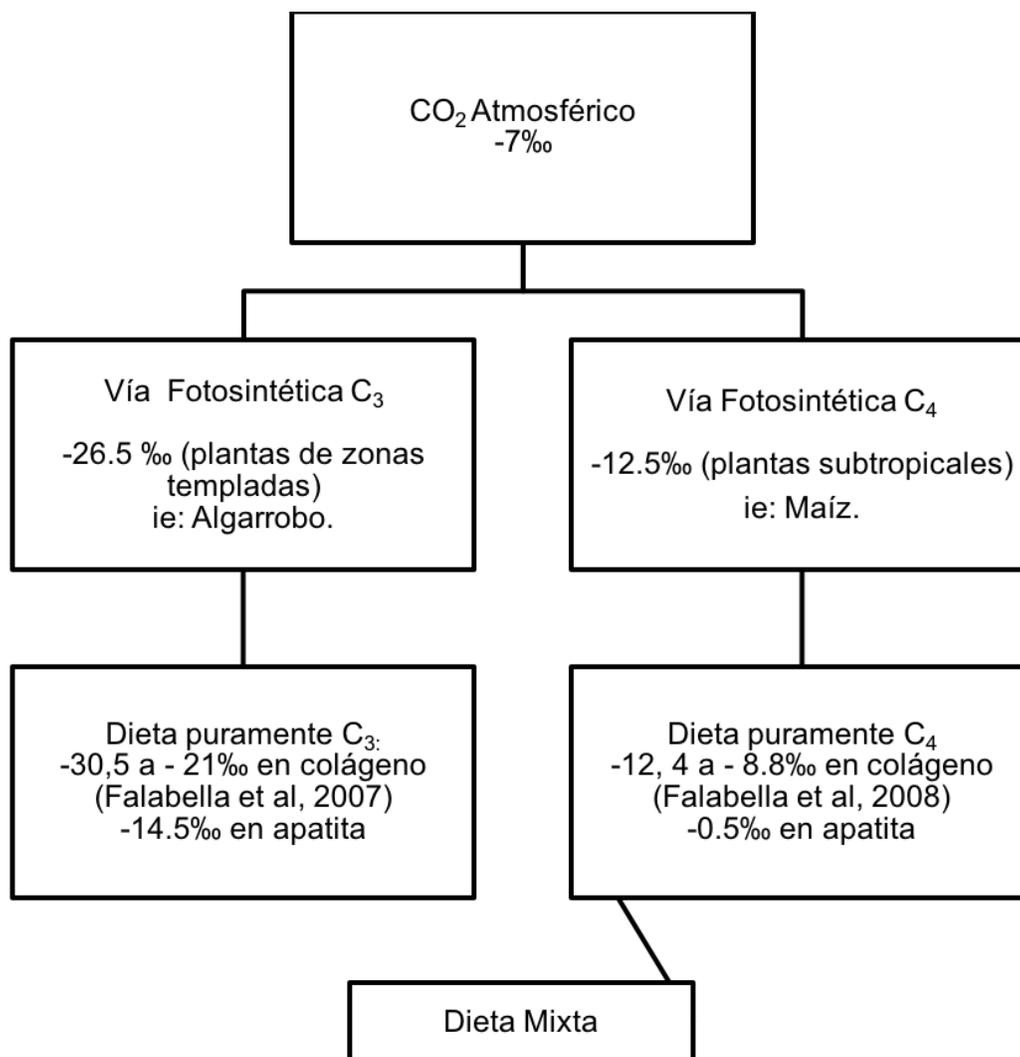


Figura 4. Valores del fraccionamiento de los isótopos de carbono y composición (partes por mil) en hueso, según vía fotosintética de las plantas consumidas. Adaptado de Tykot, 2004, con valores ajustados de Falabella et al 2007 y 2008².

² Tiezen y Fagre 1993; y Gil et al, 2006 en Falabella et al, 2008.

El análisis de $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ es muy útil cuando se quiere identificar entre fuentes vegetales (plantas $\text{C}_3 - \text{C}_4$) o entre fuentes animales (terrestres o marinos). Cuando la dieta se compone tanto de recursos C_4 y de animales es necesario contrastar estos valores con otros indicadores de dieta ($^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ y $\delta^{15}\text{N}$), ya que la porción proteica del maíz se ve enmascarada o subestimada ante la presencia de los recursos animales.

La porción mineral del hueso refleja la ingesta de todos los alimentos, ya que derivan del bicarbonato disuelto en la sangre e incluye lípidos, carbohidratos y proteínas no utilizadas en la síntesis de tejidos (LEE-THORP, 2008; KATZENBERG, 2008).

Utilizar en conjunto el análisis de carbono tanto en colágeno como en bioapatita puede proveernos de mayor información, dado que el contraste de ambos indicadores puede permitirnos clasificar el tipo de alimento que contribuye a la porción proteica, ya sea animal o vegetal. En esta relación, que se expresa como un delta entre el colágeno y la bioapatita ($\Delta^{13}\text{C} = ^{13}\text{C}_{\text{ap}} - ^{13}\text{C}_{\text{col}}$) subyace un modelo experimental respecto a las rutas con que se incorporan los nutrientes, la cual es diferente entre proteínas animales y vegetales (KRUEGER Y SULLIVAN, 1984; AMBROSE Y NORR, 1993).

El nitrógeno también se puede encontrar como dos isótopos estables: ^{14}N y ^{15}N , con una abundancia relativa de 99.6% y 0.4%, respectivamente (MAYS, 1998). En plantas, la obtención de este elemento proviene principalmente de la absorción de nitratos del suelo, pero difieren entre sí según sus rutas metabólicas. La gran excepción son las leguminosas, que regulan su fijación de nitrógeno desde la atmósfera (KELLNER Y SCHOENINGER, 2008).

Los animales incorporan el nitrógeno en el colágeno del hueso y por cada paso que avanzan en la cadena trófica estos valores de $\delta^{15}\text{N}$ van aumentando entre un 2-6‰ (SCHOENINGER & DENIRO, 1984). Por lo tanto, animales herbívoros mantienen bajos niveles de nitrógeno en comparación a los animales omnívoros y

carnívoros. Además, la fauna marina posee cadenas tróficas mayores que la fauna terrestre, por lo que sus valores de $\delta^{15}\text{N}$ son más elevados.

De este modo, los isótopos de nitrógeno se utilizan para evaluar el consumo de recursos proteicos en una población, en especial cuando se quiere identificar el consumo de recursos marinos, o evaluar la abundancia de la ingesta de carne.

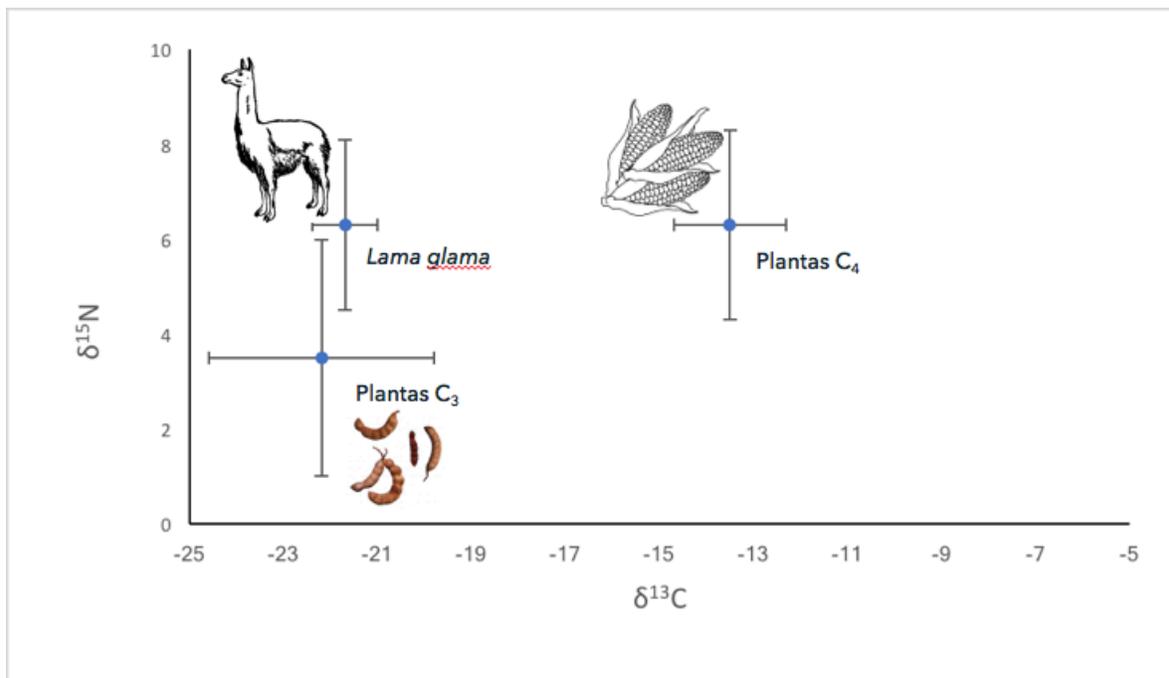


Figura 5. Rango de valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de los principales recursos locales en el área del desierto de Atacama (TIEZSEN Y CHAPMAN, 1992; SANTANA, 2017 comunicación personal).

Otra línea de investigación en la que se utilizan isótopos estables es en los estudios de movilidad e identificación del origen geográfico de poblaciones pasadas (KNUDSON et al, 2009). Para ello, se pueden utilizar dos de las variantes del Azufre ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$), Estroncio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) u Oxígeno ($^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$), siendo el último elemento el que utilizaremos en este trabajo de investigación.

Existen tres isótopos de oxígeno ^{16}O , ^{17}O y ^{18}O , de los cuales se utilizan los valores de ^{16}O y ^{18}O para calcular el coeficiente $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$. Luego, este coeficiente debe ser calibrado entorno a un estándar, los cuales pueden ser V-PDB (el mismo fósil utilizado para contrastar el carbono en apatita) o SMOW (Standar Mean Ocean Water) (SHARP, 2017).

Existen diversos factores ambientales que pueden cambiar la composición isotópica de las aguas en distintas regiones, ya que las moléculas de agua que contengan ^{16}O se evaporan con mayor facilidad, mientras que las moléculas de agua compuestas por ^{18}O son más propensas a condensarse y caer en forma de precipitación. De esta manera, los niveles de $\delta^{18}\text{O}$ varían según altitud, distancia desde la costa, latitud y temperatura ambiente (KNUDSON, 2009).

En humanos, el oxígeno adquirido desde el consumo de aguas, alimentos y el oxígeno molecular del aire se incorporan desde la sangre a los fosfatos y carbonatos de la bioapatita del esmalte dental y del hueso. Por lo tanto, existe una relación entre los niveles de $\delta^{18}\text{O}$ en la sección mineral del hueso o esmalte dental y la fuente hídrica desde la que se obtuvo. Sin embargo, existen algunos eventos que pueden alterar esta relación directa, como el amamantamiento o el consumo de brebajes alcohólicos, situaciones en las que existe un enriquecimiento de ^{18}O (KNUDSON, 2009; SANTANA, 2012).

El hecho que los isótopos de oxígeno varíen según región sirve para generar estudios de movilidad y residencia de los sujetos, en especial cuando existen zonas tan características como el oasis de San Pedro que se pueden contrastar significativamente respecto a territorios de altura con ambientes menos áridos.

7.5. Análisis dietario mediante isótopos estables en el área de San Pedro de Atacama

Existe una serie de investigaciones en San Pedro de Atacama que utilizan el método de isótopos estables, las cuales han permitido dar luces sobre los procesos de migración, interacción social y estilo de vida. La gran mayoría de estos estudios se enfocan tanto en el período medio e intermedio tardío, los que acorde a la evidencia arqueológica corresponden a grandes momentos de cambio social y económico, en torno al auge y retirada del Estado Tiwanaku.

Los primeros análisis de isótopos que se realizaron en el cementerio de Solcor fueron de estroncio y oxígeno, para establecer si la relación con el Estado Tiwanaku implicaba una colonización física del espacio residencial (KNUDSON Y PRICE, 2007). Además, se analizó el proceso de asimilación cultural en el período medio, enfocado en un caso individual (TORRES-ROUFF Y KNUDSON, 2007). En este caso, se puede observar cómo la combinación de información respecto al origen foráneo del individuo (según isótopos de estroncio), junto con el estilo de vida local (según ajuar), permiten establecer la existencia de integración de sujetos no-locales a la cultura atacameña, al punto de imponerse sobre aquellas costumbres foráneas, de las que no queda rastro en su contexto funerario.

Nado y colaboradores (NADO et al, 2012) recopilaron evidencias de la modificación corporal, patrón funerario e información de isótopos de dieta y origen geográfico de los cementerios Solcor-3 y Solcor Plaza. Desde la comparación entre estos cementerios relativamente sincrónicos, se puede observar la diferenciación material, biológica y cultural entre grupos sociales, como consecuencia de la expresión diferencial de la identidad local en interacción con el Estado Tiwanaku.

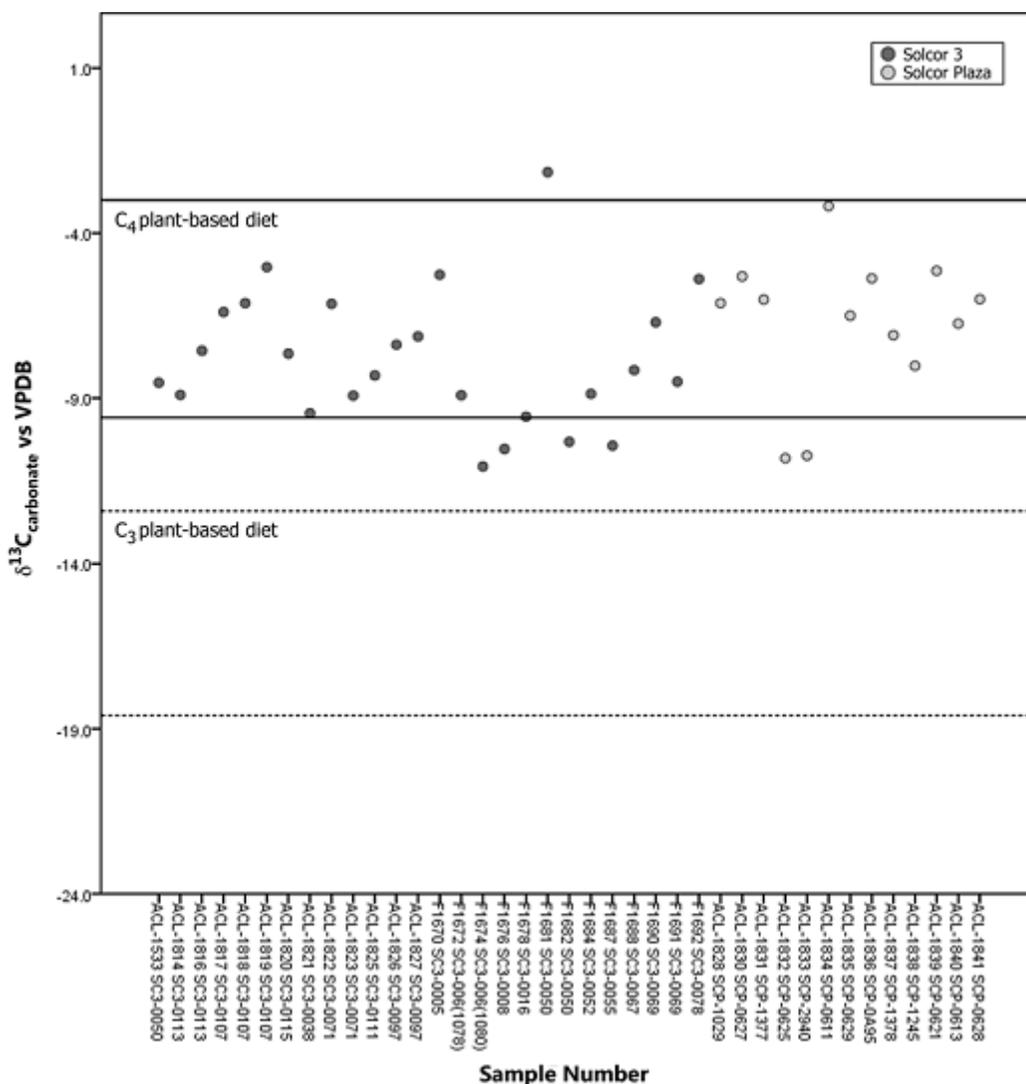


Figura 6. Índices de isótopos de carbono en el carbonato de huesos y dientes de individuos enterrados en los cementerios de Solcor-3 y Solcor Plaza. Nado et al, 2012.

Los niveles de $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ de esta muestra son indicativos de una dieta abundante en recursos C₄, los cuales pueden ser de consumo directo o indirectamente – a través del consumo de animales alimentados con plantas C₄. Las diferencias entre los sitios son claras respecto al consumo de recursos C₄, siendo mayor en el sitio de Solcor Plaza (*t student*, $p < 0.001$). Además, se pudo observar que tres de los individuos foráneos presentaban diferencias en la dieta durante su infancia, respecto a los individuos locales.

Sin embargo, el material muestreado para isótopos estables corresponde mayoritariamente a piezas dentales, lo que da cuenta de la dieta en el período de formación del esmalte dental de dicha pieza y no refleja necesariamente los componentes de la dieta ingeridos por el individuo en su adultez. En cambio, el análisis de isótopos estables en huesos de adultos refleja la dieta y locación del sujeto en los últimos 5 años de vida, aproximadamente.

Pestle y colaboradores (PESTLE et al, 2016) analizaron las fuentes alimenticias que contribuyen a la variedad de dietas presentes en las poblaciones atacameñas del Periodo Medio. Utilizando métodos de análisis bayesiano, se pudo cuantificar la contribución alimentaria de los elementos que componen la dieta de los habitantes de los sitios Solcor-3 y Tchecar Túmulo Sur.

La variación de dietas entre los individuos de Solcor-3 esta concentrada principalmente en el consumo de plantas 'enriquecidas en carbohidratos'. El grueso de esta varianza se observa entre los individuos masculinos, teniendo diferencias significativas para todos los indicadores de dieta ($\delta^{13}C_{coll}$, $\delta^{13}C_{ap}$, $\delta^{15}N$ y $\Delta^{13}C$). Por otro lado, entre los individuos femeninos no existe una variación significativa en ninguna de las dimensiones analizadas.

La creciente desigualdad social y la mayor movilidad entre sitios puede estar asociada con el acceso diferencial a ciertos alimentos, o a la posibilidad de que se amplíe el espectro de recursos disponibles. Los resultados de este estudio muestran la variación que existe entre los sitios Solcor-3 y Tchecar, pero por sobre todo hace hincapié en las diferencias al interior de Solcor-3, expresando las diferencias entre individuos que formaron parte de los procesos de intercambio y distribución de recursos con otras poblaciones lejanas al radio atacameño.

8. **Resultados**

8.1. **Movilidad**

Los resultados para isótopos de oxígeno muestran un rango de valores bastante amplio, con una media de $-1.6 \pm 1.1\%$ cuyos valores mínimos y máximos varían entre los $-3.3/0.8\%$ V_{PDB} . Estos valores coinciden con los niveles esperados registrados para el área de San Pedro de Atacama (NADO et al, 2012; ORTIZ et al, 2013), por lo que podemos considerar a todos los individuos muestreados como sujetos que pertenecieron al área de San Pedro o que habitaron en ese lugar durante los últimos años de vida (Figura 7).

Además, al comparar los valores de $\delta^{18}O$ según sexo, no se encontraron diferencias significativas entre hombres y mujeres ($p > 0.05$), quienes poseen medias similares y cuya distribución es bastante dispersa entre los valores mínimos y máximos, siendo esta varianza mayor en los individuos de sexo masculino (Figura 8).

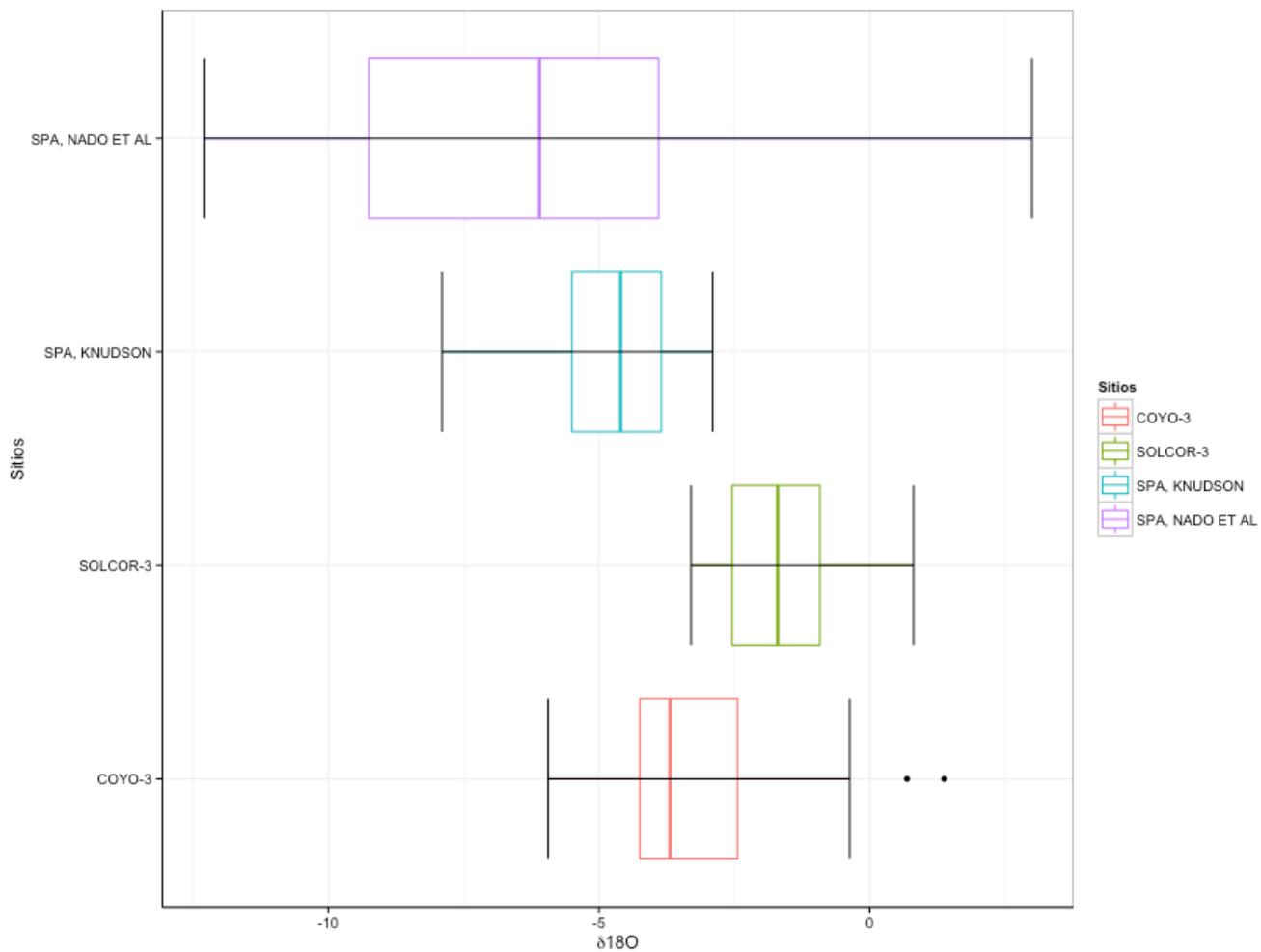


Figura 7. Diagrama de caja para isótopos de $\delta^{18}O_{VPDB}$, que compara los sitios Solcor-3, Coyo-3 y los valores publicados en Nado et al, 2012(Solcor-3 y Solcor Plaza) y Knudson&Price, 2007.

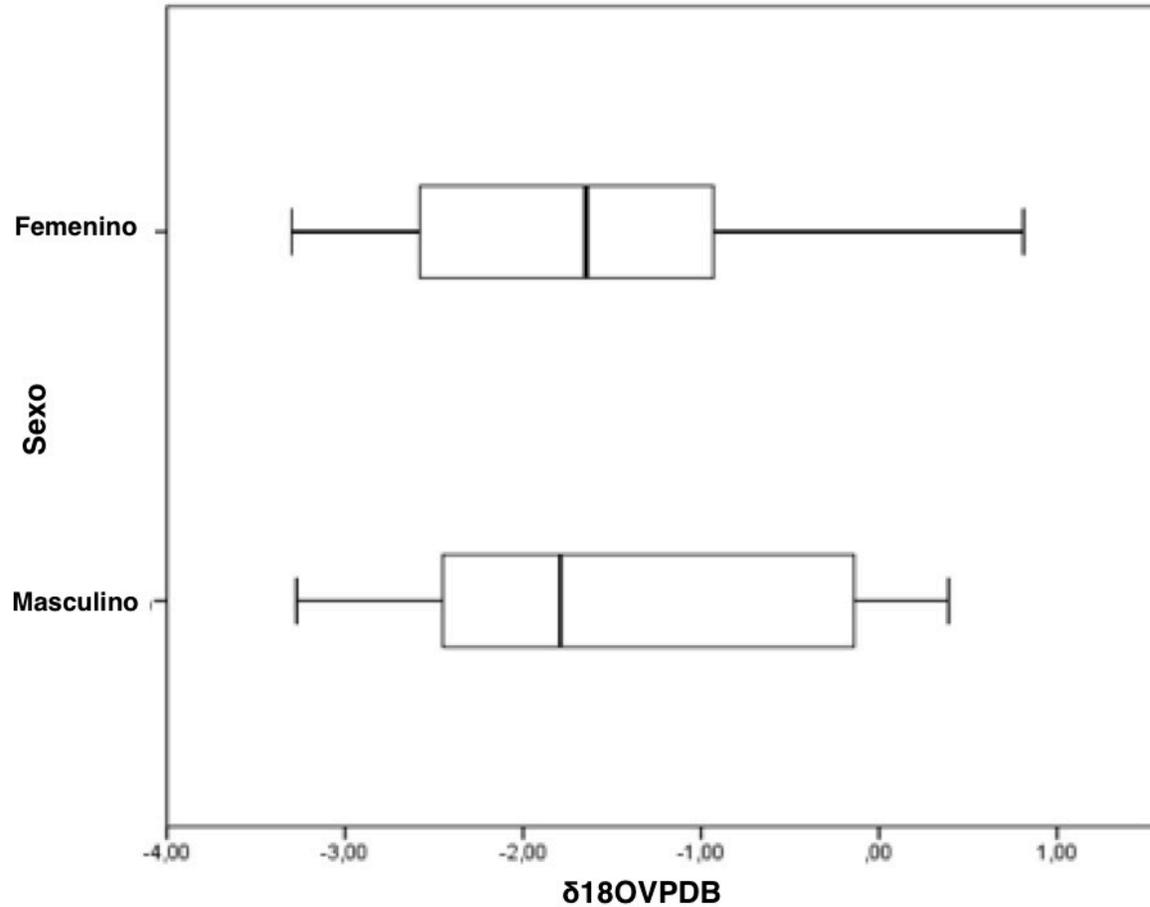


Figura 8. Boxplot para isótopos de $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$, agrupado según sexo. Sitio Solcor-3

Esta particular variación intrapoblacional de $\delta^{18}\text{O}$ se debe a la fluctuación de las fuentes hídricas en torno al oasis. En el área de San Pedro existen diversas fuentes de agua, que poseen diferentes concentraciones de ^{18}O , según su profundidad y salinidad (ORTIZ et al, 2013).

8.2. Paleodieta

Se presentan los valores obtenidos para los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en colágeno y $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$ en bioapatita (Tabla 2).

Inicialmente, se evaluó la calidad del colágeno extraído para evitar el sesgo de analizar muestras que pudiesen haber sufrido alteraciones. Para ello, se observó el porcentaje de colágeno extraído, el porcentaje de Carbono y Nitrógeno, y se analizó la relación C:N. A partir de este último indicador se descartaron 6 muestras que se escapan de los límites (2.9 – 3.6) que indican una buena preservación de colágeno (DENIRO, 1985; AMBROSE, 1990), las cuales se muestran en cursiva dentro de la Tabla 2.

Tumba	Cuerpo	Sexo	Elementos Complejo Psicotròpico	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}_{(\text{coll})}$	$\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$	$\Delta^{13}\text{C}_{\text{ap-coll}}$	% Collage n	C/N ratio
1	955	M	Pte	10,93	-15,7	-9,02	6,68	64,99	3,3
5	1049	F	Pte	11,36	-15,91	-8,07	7,84	65,2	3,5
6	1079	M	Pte	11,34	-20,57	-9,5	<i>11,07</i>	52,98	2,6
6	1080	M	Pte	12,17	-15,37	-9,44	5,93	41,03	5,1
6	1078	F	Pte	12,25	-14,84	-8,56	6,28	44,64	3,2
11	1203	F	Pte	11,13	-20,73	-10,67	<i>10,06</i>	40,97	4,1
12	1236	F	Pte	11,25	-14,76	-8,78	5,98	33,28	3,3
14	1286	M	Pte	10,94	-20,01	-9,39	<i>10,62</i>	70,13	4,1
16	3062 ^a	M	Pte	10,15	-17,14	-10,57	6,57	35,87	3,5
16	3061	M	Pte	11,58	-13,91	-7,32	6,59	81,28	3,1
16	3063	F	Pte	10,99	-16,26	-9,47	6,79	78,75	3,5
20	1455	F	Pte	11,61	-15,94	-9,78	6,16	68	3,3
20	1456	F	Pte	11,75	-12,8	-5,7	7,1	69,41	3,3
21	1516	M	Aus	10,93	-15,35	-9,99	5,36	64,93	3,3
24	1558	F	Pte	11,62	-16,9	-11,18	5,72	30,12	3,2

26	1592	F	Aus	11,26	-16,86	-10,72	6,14	27,6	3,3
27	1630	F	Pte	11,41	-17,78	-10,93	6,85	31,63	3,4
30	1683	M	Aus	10,39	-16,32	-9,86	6,46	81,43	3,3
31	1710	M	Aus	10,55	-17,55	-10,55	7	24,74	3,5
38	1791	M	Aus	10,62	-14,66	-8,52	6,14	49,76	3,2
47	1903	F	Pte	11,39	-16,58	-10,43	6,15	61,89	3,4
52	2025	F	Pte	11,71	-32,26	-10,74	21,52	41,82	7,9
55	2113	F	Pte	11,48	-15,17	-9,09	6,08	48,39	3,2
57	2215	F	Aus	10,34	-20,02	-12,12	7,9	28,65	3,5
58	2269	M	Aus	11,42	-13,2	-6,39	6,81	65,58	3,4
59	2303	M	Aus	10,98	-14,15	-7,38	6,77	81,18	3,3
62	2368 ^a	M	Pte	7,47	-32,3	-11,98	20,32	1,32	10,8
69	2475	M	Pte	10,41	-16,31	-9,1	7,21	66,65	3,4
69	2476	F	Pte	11,3	-15,13	-8,26	6,87	78,27	3,3
78	2697	F	Pte	11,32	-15,46	-9,93	5,53	58,74	3,3

Tabla 2. Resultados del análisis de isótopos estables en $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$, $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$ para las 30 muestras del sitio Solcor-3.

En total, se consideraron 24 muestras para realizar los análisis de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Los valores de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ presentan una media de $-15,8 \pm 1,6$ ‰ y los valores de $\delta^{15}\text{N}$ presentan una media de $11,1 \pm 0,5$ ‰. Por otro lado, la porción inorgánica del hueso presenta valores medios de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})} -9,4 \pm 1,5$ ‰ (Tabla 3).

	N	Media	Error típico de la media	Mínimo	Máximo
$\delta^{15}\text{N}$	24	11.1	0.5	10.2	12.3
$\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$	24	-15.8	1.6	-20	-12.8
$\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$	30	-9.4	1.5	-12.1	-5.7

Tabla 3. Estadísticos descriptivos en isótopos de nitrógeno y carbono, sitio Solcor-3.

Basados en los valores en colágeno, se estima una dieta mixta entre carnes terrestres, plantas C_3 y plantas C_4 (Figura 9). Algunos individuos presentan un enriquecimiento de carbono, producto de un mayor consumo de recursos proteicos o de un aumento en el consumo de maíz; sin embargo, al interior de la muestra no se presentan grandes diferencias en los valores isotópicos, por lo que caracterizamos al grupo como “homogéneo”. La mayor excepción corresponde a un individuo cuyos valores de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ y $\delta^{15}\text{N}$ son notoriamente menores que el resto, seguramente a causa de una dieta más abundante en plantas de tipo C_3 y una baja ingesta de proteínas.

Los valores de bioapatita - que reflejan todas las biomoléculas de la dieta, refuerzan la hipótesis de enriquecimiento de carbono por consumo de maíz. Ello se debe a que la diferencia $\Delta^{13}\text{C}_{\text{ap-coll}}$ es mayor a 4.4‰ en todos los individuos muestreados, por lo cual se infiere que en los valores de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ el aporte de proteínas es menor respecto al total de la dieta (AMBROSE et al, 1997, 2003; LEE THORP, 2008; SANTANA, 2011). Por lo tanto, el factor de enriquecimiento de carbono en colágeno ($^{13}\text{C}_{(\text{col})}$) provendría principalmente del consumo de plantas C_4 , a pesar de su bajo aporte proteico en comparación a las carnes.

Al observar el gráfico que contrasta los valores de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ y $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$, notamos una amplia variación en los valores de esta última (Figura 10). Nuevamente destaca el individuo con valores empobrecidos de carbono, tanto en colágeno como en

bioapatita, reforzando la idea que su dieta consistía prioritariamente en plantas C_3 como el algarrobo o el chañar. Además, se observan individuos con $\delta^{13}C_{(ap)}$ que indicarían una ingesta abundante de plantas C_4 , enriquecimiento que no se observaba tan marcadamente a partir únicamente de los valores de colágeno.

El gráfico que compara el $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C_{(ap)}$ muestra que para individuos con valores similares en $\delta^{13}C_{(ap)}$ se obtienen valores dispares en $\delta^{15}N$, indicando que pueden existir ligeras diferencias en la frecuencia de ingesta de las fuentes proteicas consumidas entre los sujetos de Solcor-3 (Figura 11). Sin embargo, cabe destacar que la desviación estándar del $\delta^{15}N$ no es lo suficientemente amplia ($\sigma = 0.5$) como para suponer que estas diferencias significan el consumo de distintos tipos de alimentos, como podrían ser los recursos marinos, cuyos vestigios aparecen escasamente en el registro arqueológico.

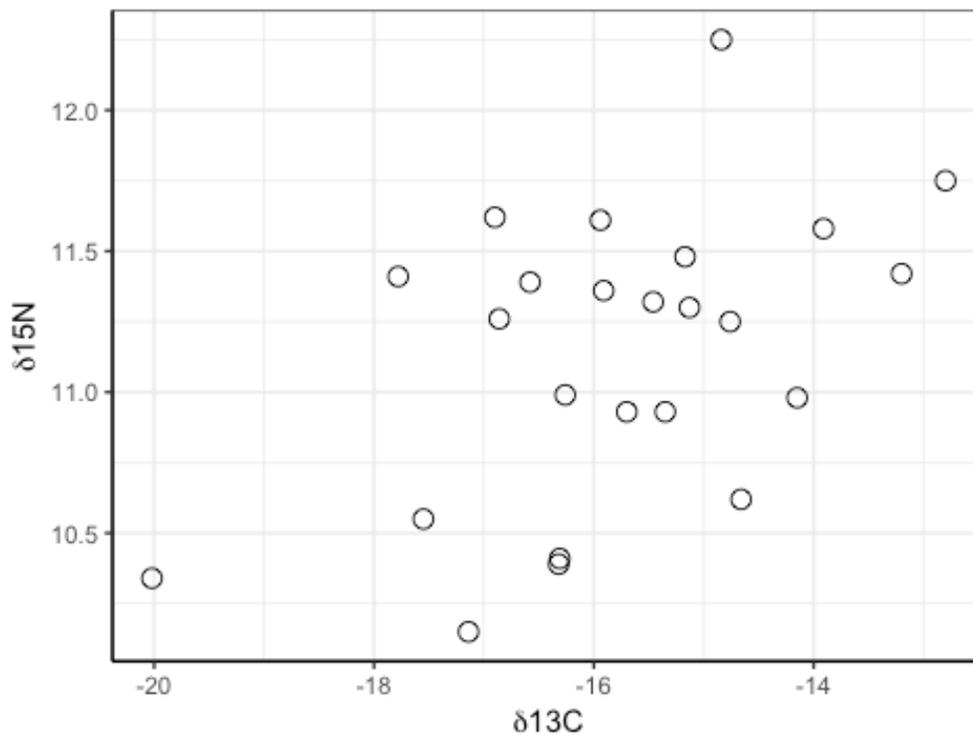


Figura 9. Gráfico de dispersión que compara los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C_{(col)}$, sitio Solcor-3

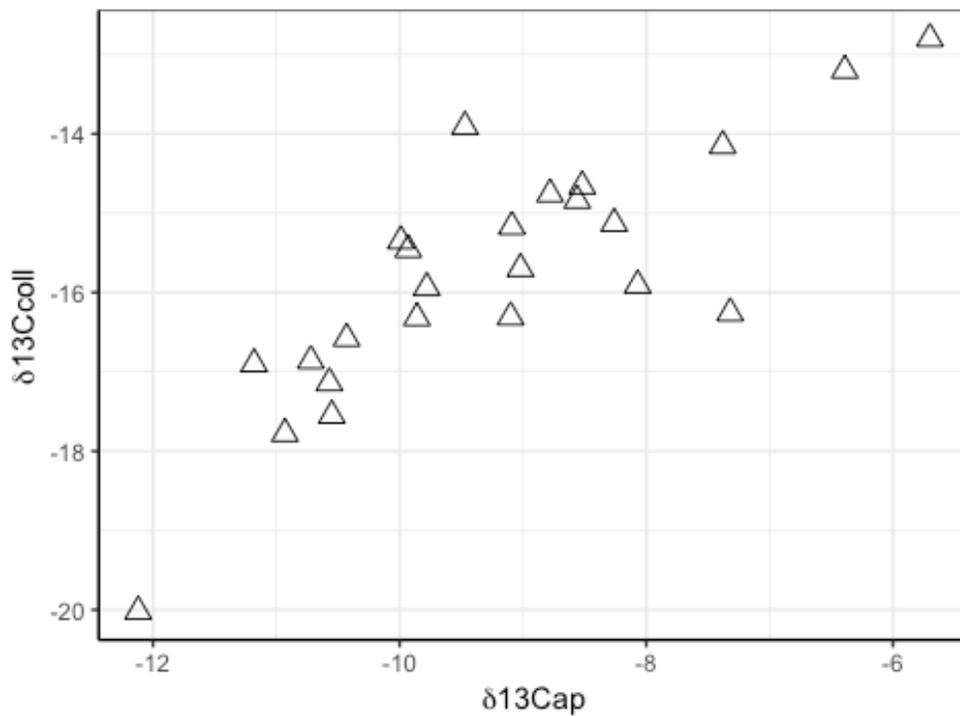


Figura 10. Gráfico de dispersión que compara los valores de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ y $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$, sitio Solcor-3

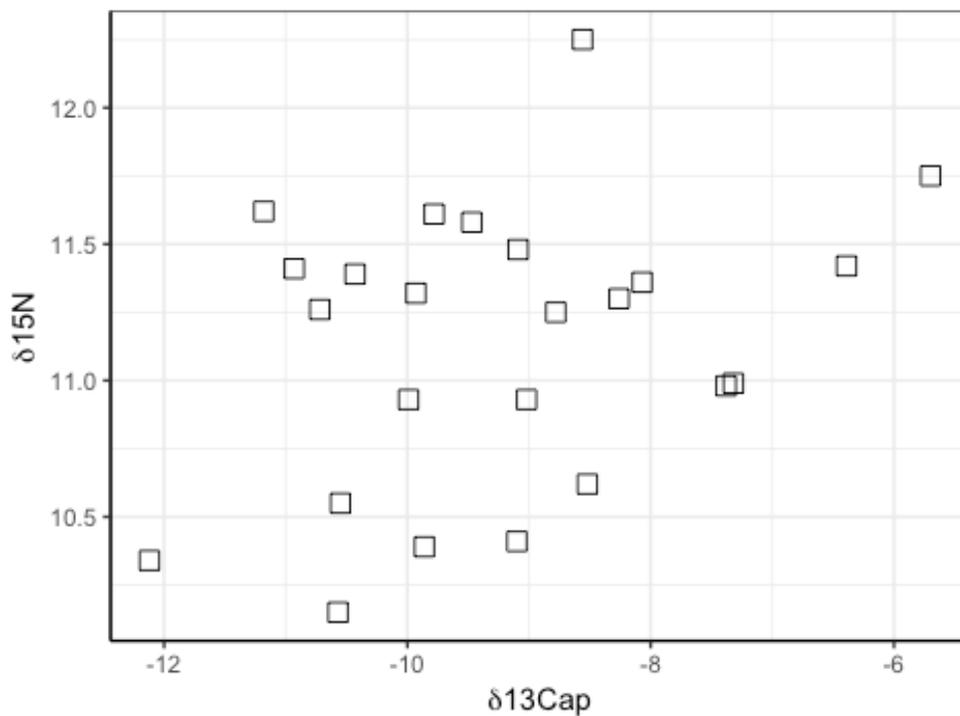


Figura 11. Gráfico de dispersión que compara los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$, sitio Solcor-3

8.2.1. Comparaciones de Paleodieta según categorías

Se realizaron pruebas de normalidad (test de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov) para ver si la distribución homogénea aparente tiene un sustento estadístico. Para ambas pruebas no se pudo rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de la muestra en ninguno de los isótopos de dieta ($p > 0.05$), por lo que no se puede inferir que hayan existido diferencias importantes dentro de la dieta de la población muestreada.

Al comparar los valores de isótopos de dieta según sexo, aparecen diferencias significativas respecto al $\delta^{15}\text{N}$ (U de Mann-Whitney, $p = 0.009$), mientras que los niveles de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ y $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$ no presentan diferencias como para rechazar la hipótesis nula de homogeneidad.

Dentro de esta muestra, son los individuos de sexo femenino quienes presentan el consumo promedio más elevado de recursos proteicos ($\delta^{15}\text{N} = 11.4 \pm 0.4$), junto con el individuo que tiene el valor más enriquecido para nitrógeno (Tabla 4). Además, podemos observar que para valores similares de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ en ambos sexos, las mujeres poseen mayores niveles de $\delta^{15}\text{N}$ en comparación a los hombres, lo que corresponde a un mayor consumo de recursos proteicos (Figura 12).

	Sexo	N	Media	Desviación típica
$\delta^{15}\text{N}$	M	10	10,8	0,5
	F	14	11,4	0,4
$\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$	M	10	-15,4	1,4
	F	14	-16,0	1,7
$\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$	M	14	-9,4	1,4
	F	16	-9,5	1,7

Tabla 4. Estadísticos descriptivos según sexo para isótopos de nitrógeno y carbono, sitio Solcor-3.

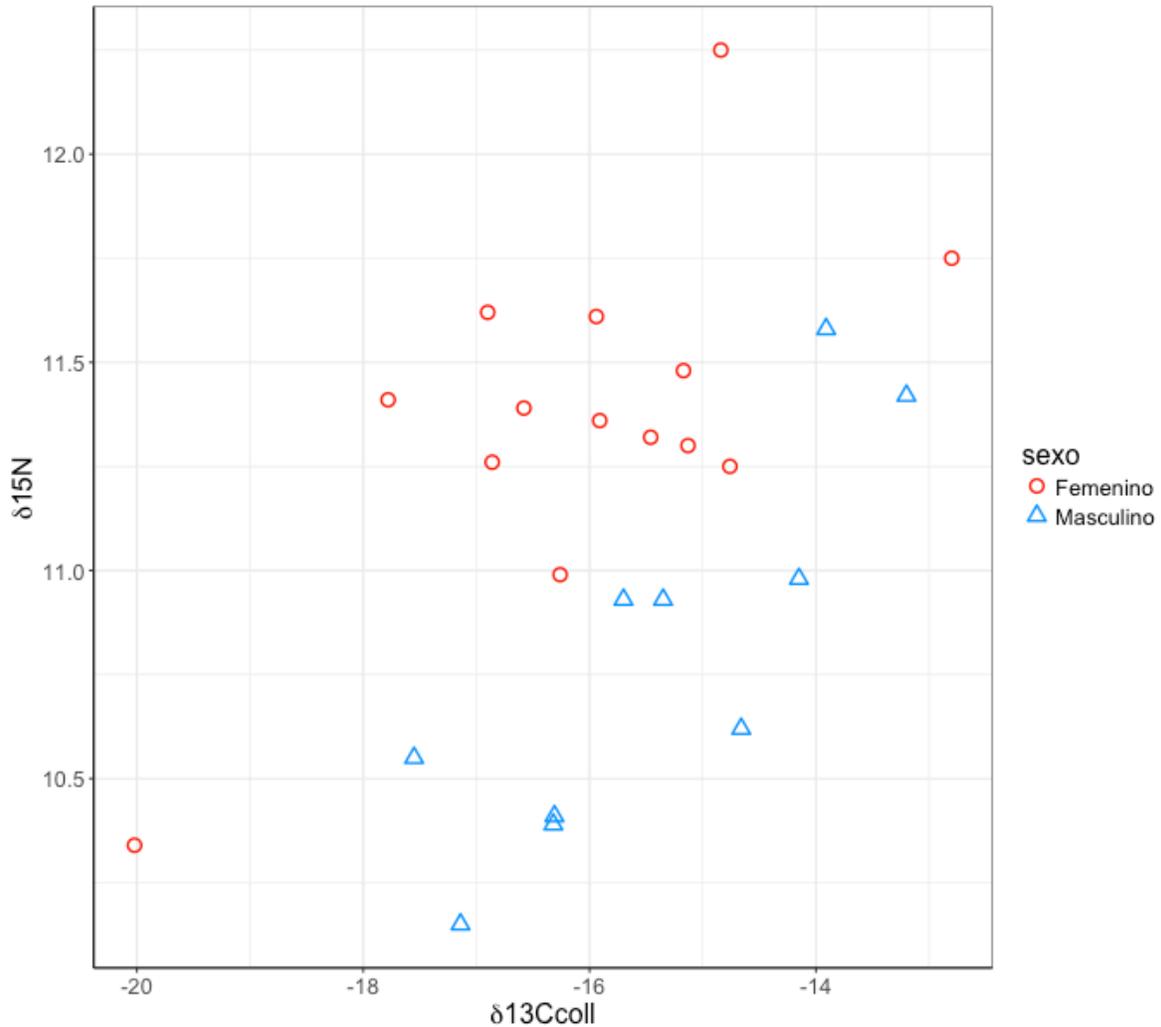


Figura 12. Gráfico de dispersión agrupados por sexo que compara los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C_{(col)}$, sitio Solcor-3.

Sin embargo, el gráfico que muestra la dispersión entre $\delta^{13}C_{(col)}$ y $\delta^{13}C_{(ap)}$ no muestra diferencias de género respecto al consumo general de alimentos, expresado en los valores de bioapatita (Figura 13). Los individuos con los valores más extremos (mínimo y máximo) corresponden a sujetos de sexo femenino, con una gradiente intermedia bastante amplia, por lo que no podemos establecer que exista un patrón único de dieta, sino que se estarían consumiendo en distinta proporción los recursos C_3 y C_4 .

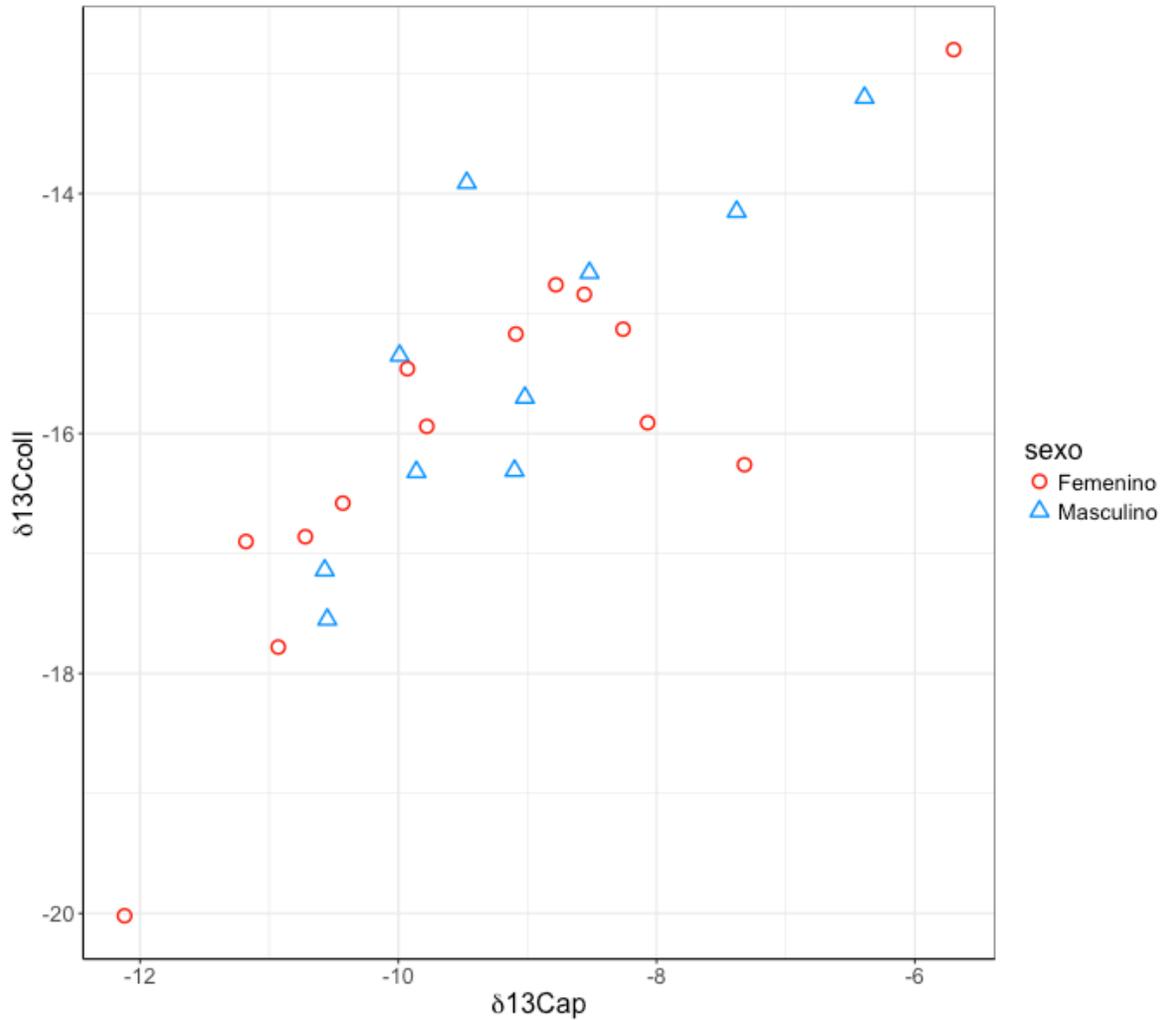


Figura 13. Gráfico de dispersión agrupados por sexo que compara los valores de $\delta^{13}C_{(coll)}$ y $\delta^{13}C_{(ap)}$, sitio Solcor-3.

También se compararon los isótopos de dieta con los indicadores óseos de estrés, los cuales son utilizados frecuentemente en los estudios de dieta en bioarqueología. De los tres indicadores recopilados – hipoplasia del esmalte, criba orbitaria e hiperostosis porótica – solo pudimos utilizar la primera categoría, debido a que los otros dos indicadores presentaban solo un individuo con aquellos signos presentes.

Al comparar los valores de $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ y $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$ en relación a la presencia o ausencia de líneas de hipoplasia, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos ($p>0.05$).

Finalmente, entre los objetos funerarios asociados se comparó la presencia de elementos del complejo psicotrópico (LLAGOSTERA et al, 1988) con los valores de $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ y $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$. La prueba U de Mann-Whitney no mostró diferencias significativas entre $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ y $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$ y la presencia de estos objetos ($p<0.05$). Por otro lado, la comparación con $\delta^{15}\text{N}$ sí dio diferencias significativas entre los grupos ($p= 0.02343$), en la que los individuos que presentan elementos del complejo psicotrópico tienen valores más elevados de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N } 11.3\pm 0.5$) en relación a los individuos que carecen de estos objetos ($\delta^{15}\text{N } 10.8\pm 0.4$).

9. Discusión

A partir de los resultados observados, vemos que la población del sitio Solcor-3 presenta una gran variabilidad en la ingesta de recursos locales, maíz y carnes terrestres, lo que complejiza la posibilidad de construir patrones de consumo tanto en el total de la población como en los grupos que la componen. Nos encontramos ante un panorama diverso, en el que la dieta de cada individuo varía del siguiente, pero que en su conjunto se distribuyen en un rango homogéneo.

Esta evidencia de una dieta variada, en la que destaca la diferencia significativa presente en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre hombres y mujeres – siendo las últimas quienes presentan mayor enriquecimiento, se presenta como una excepción en comparación al registro que se tiene de otros sitios arqueológicos alrededor del mundo. En general, las diferencias alimenticias en relación al sexo que se han encontrado en poblaciones arqueológicas, clasifican a los hombres en una posición favorecida, con mayor acceso a recursos alimenticios (especialmente proteínas), mientras que el grueso de los individuos femeninos mantienen una dieta baja en este recurso (ej: AMBROSE et al 2003; PROWSE et al, 2005; NITSCH et al, 2010). Esta diferencia de $\delta^{15}\text{N}$ entre sexos también está presente en la población de Coyo-3 (URIBE et al, 2016), donde nuevamente son las mujeres las que presentan una dieta enriquecida en proteínas, incluso en cantidades mayores que el sitio de Solcor-3 (Figura 14).

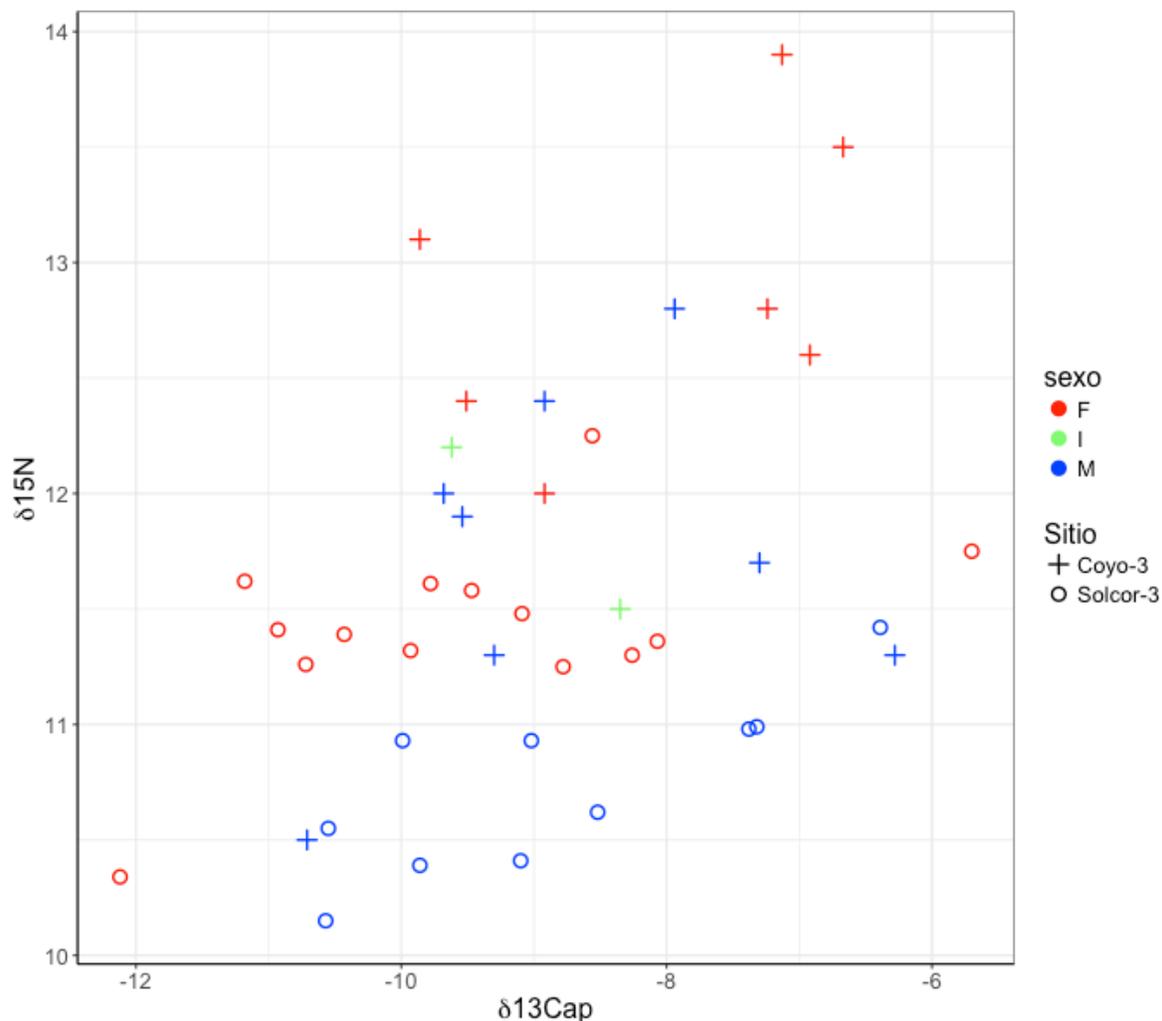


Figura 14. Gráfico de dispersión agrupados por sexo que compara los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ Sitios Coyo-3 y Solcor-3.

Respecto a la comparación entre dieta y presencia de elementos psicotrópicos, cabe rescatar la varianza en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos que tienen estos objetos en su ajuar funerario (Figura 15). Si bien existe una diferencia significativa entre el grupo que presenta objetos del complejo psicotrópico en sus tumbas y los que no, vemos que el rango de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos con estos elementos varía desde los niveles más altos a los más bajos, lo que podría estar reflejando esta capacidad de los sujetos de incorporar a voluntad algunos de los elementos Tiwanaku, sin necesariamente cambiar su estilo de vida cotidiano, el cual estaría reflejado en el consumo de alimentos.

Creemos que la flexibilidad con que los individuos incorporan elementos de filiación Tiwanaku podrían estar asociados con la acumulación de bienes adquiridos en el intercambio con otros sitios, mas que con la intención de adoptar el estilo de vida del centro hegemónico. En general, las comparaciones que se han realizado dentro del sitio Solcor-3 no han mostrado correlaciones positivas entre los tipos de ajuares y variables como origen (isotopos de estroncio) o deformación craneana (NADO et al, 2012; AGÜERO Y URIBE, 2015); de hecho, entre los tipos de objetos encontrados en un mismo ajuar existe una baja correlación, puesto que combinan elementos foráneos con objetos locales en un mismo espacio mortuorio.

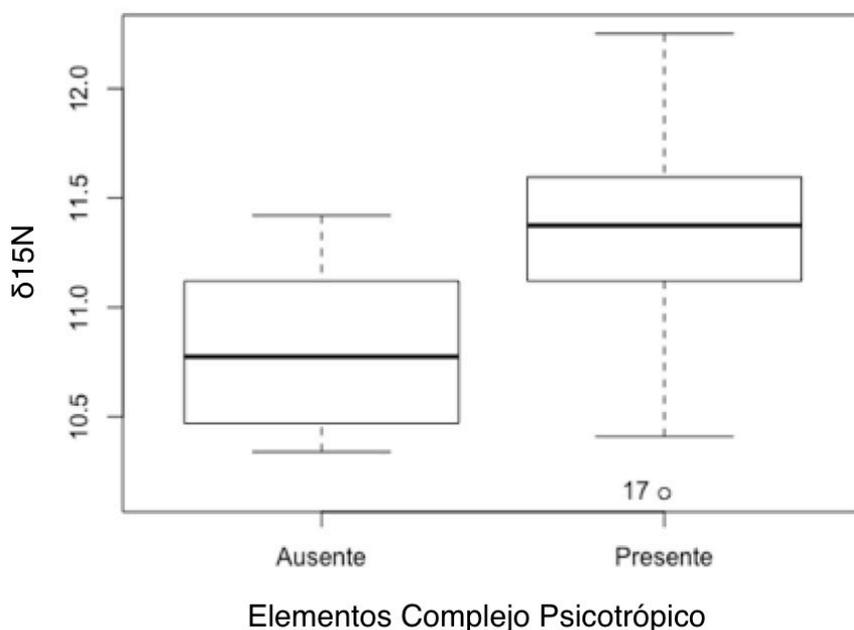


Figura 15. Boxplot de $\delta^{15}\text{N}$, según presencia de objetos del Complejo Psicotrónico. Sitio Solcor-3.

Las diferencias en los niveles de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$ que encontramos en esta investigación, son similares a los valores de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$ en esmalte dental informadas por Nado y colaboradores (NADO et al, 2012), quienes exponen una dieta mixta en plantas C_3 y un enriquecimiento de maíz (C_4), que se prolonga desde la infancia de los individuos hasta su periodo de adultez. Que los individuos dispongan de un espectro variado de recursos alimenticios desde la infancia hasta la adultez puede ser uno de los motivos por los que no contamos con indicadores óseos de estrés que afecten significativamente a los individuos de Solcor-3.

Además, se realizó una comparación no-paramétrica (U de Mann-Whitney) entre los valores $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$ de las muestras óseas publicadas en Nado et al, 2012 en relación a las utilizadas en esta investigación, las que no arrojaron diferencias significativas entre los grupos ($p= 0.485$).

Sin embargo, al contrastar nuestros resultados con la investigación de Solcor-3 realizada en Pestle et al, 2016, encontramos diferencias importantes entre las muestras. Comparando estadísticamente las muestras observamos que existe una diferencia significativa entre el $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$ de este estudio en relación a la muestra publicada en Pestle et al (U de Mann-Whitney, $p=0.0013$). La muestra comparada presenta valores más altos de $\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$, lo cual queda graficado claramente en la figura 16; por otro lado, no se encontraron diferencias en los niveles de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$ entre los grupos ($p>0.05$). A pesar de esta diferencia, ambos grupos están dentro de la categoría de dieta mixta, con variaciones individuales en el consumo de plantas C_3 y C_4 , junto con carnes terrestres.

Otra diferencia importante tiene que ver con la varianza de dietas entre los individuos femeninos. Nuestros datos dan a conocer una variabilidad mayor en los valores de isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}_{(\text{coll})}$ y $\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$) muestreados (test de Barlett, $p=0.05$), contraponiéndose a la evidencia sostenida (COSTA et al, 2004; HUBBE et al, 2012; PESTLE et al, 2016) de que las mujeres del sitio Solcor-3 consumen una dieta homogénea y restringida mayoritariamente al consumo de plantas C_3 y C_4 .

	Sexo	N	Media	Desviación típica
$\delta^{15}\text{N}$	M	17	10,9	0,8
	F	17	11,4	0,5
$\delta^{13}\text{C}_{(\text{col})}$	M	17	-14,7	1,8
	F	17	-15,6	1,7
$\delta^{13}\text{C}_{(\text{ap})}$	M	21	-9,3	1,9
	F	19	-9,6	1,4

Tabla 4. Estadísticos descriptivos según sexo para isótopos de nitrógeno y carbono. Sitio Solcor-3 y Solcor-3 Pestle et al, 2016.

Al utilizar en conjunto las muestras de Pestle et al 2016 y las muestras recolectadas en esta investigación, se realizó un test que nos permitiera evidenciar si las diferencias de dieta entre hombres y mujeres se mantienen al aumentar el número de individuos muestreados ($n=34$). No encontramos diferencias significativas entre hombres y mujeres en ninguno de los indicadores de dieta (*t-test independent sample*, $p>0,05$).

Al reevaluar nuestros resultados - agregando los datos publicados por Pestle et al - observamos que si bien las diferencias de $\delta^{15}\text{N}$ entre hombres y mujeres ya no son significativas ($p=0,13$), permanece una tendencia a que las mujeres presenten valores más altos de $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 17). No obstante, estimamos que es necesario aumentar el número de individuos muestreados para esclarecer de forma certera si es que existe una diferencia en el consumo de carnes entre hombres y mujeres.

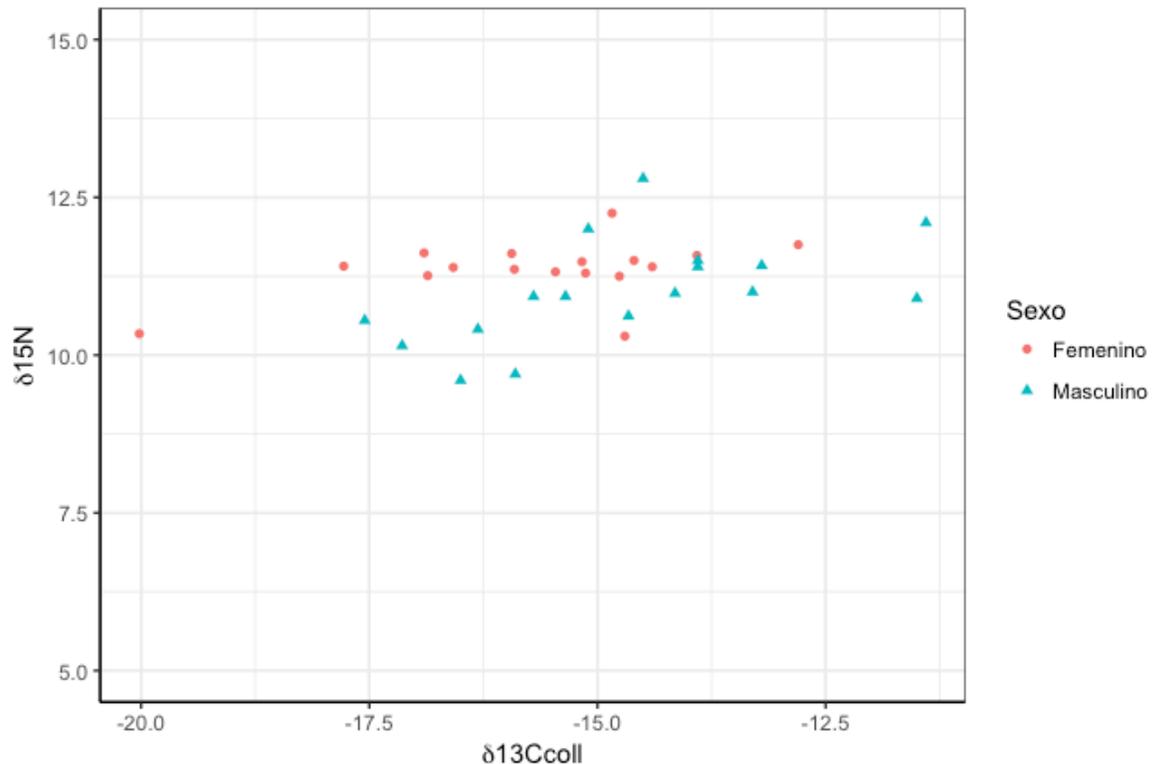


Figura 17. Gráfico de dispersión agrupados por sexo que compara los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$. Sitios Solcor-3 y Solcor-3, Pestle et al 2016

Consideramos que la diversidad de dietas presentes en el sitio de Solcor-3 trasciende a la división sexual y se inserta dentro de un fenómeno social más complejo, el cual por una parte integra a todos sus pobladores – independiente de su sexo o lugar de origen – dentro de un estilo de vida atacameño, pero que a la vez mantienen una variabilidad interna en la acumulación de bienes, alimentación y prácticas como la deformación craneana.

Es por ello que - a través la información que disponemos - cuestionamos las interpretaciones que afirman la existencia de un mayor acceso a carnes terrestres solo por parte de los individuos masculinos durante el Período Medio. Sin embargo, las diferencias sexuales existentes a nivel dental y esquelético (COSTA et al, 2004; HUBBE et al, 2012) dan cuenta de algún fenómeno que está afectando diferencialmente a hombres de mujeres. Consideramos dos posibles explicaciones que pudieran ayudarnos a comprender esta falta de correlación entre salud oral y dieta que se presenta en esta población:

1) Preparación oral de brebajes (Chicha)

La chicha juega un rol importante al interior de las comunidades andinas, en las que existe un extenso registro etnográfico sobre su producción y uso. Este brebaje fue intensamente consumido por las poblaciones Tiwanaku e incluso puede verse asociado al crecimiento político y la formación de la identidad comunitaria “Tiwanakota” (GOLDSTEIN, 2003).

La chicha de maíz es más cariogénica que el propio grano debido a los procesos de malteado, hervido y fermentación que envuelve su preparación (PEZO y EGGERS 2010). A esto debemos agregar que la labor de preparar oralmente la chicha en el mundo andino suele estar delegado a las mujeres, quienes mastican la harina de maíz para acelerar su fermentación (JENNINGS y BOWSER, 2009). Consideramos que esta práctica podría estar influyendo en algún grado en la tasa de caries presentes entre las mujeres del mundo andino en general, y por tanto, también podría constituir un sesgo al momento de observar la salud oral de las mujeres del Periodo Medio.

2) Deterioro de la salud oral en el embarazo y lactancia

Existen evidencias que indican que desde el paso a un sistema de vida sedentario, se ha encontrado un aumento en las patologías orales, cuyas frecuencias son distintas entre hombres y mujeres. Inicialmente esta diferencia fue atribuida a condiciones culturales, como la división sexual del trabajo o la división sexual en el consumo de alimentos (Lukacs, 2008). Sin embargo, actualmente se tiene conocimiento de otras variables biológicas que pueden afectar la cariogenicidad entre mujeres.

El cambio a un estilo de vida sedentario derivó en un aumento de la fertilidad de las mujeres, fenómeno que se asocia de forma indirecta con la aparición de más caries: “... *higher fertility heightens the negative consequences of hormonal fluctuations (e.g., changes in dietary preferences and immunological competence during pregnancy) and variations in saliva composition over the life course*” (Lukacs and Largaespada 2006; Lukacs, 2008).

10. Conclusión

Volviendo a nuestra hipótesis de investigación, encontramos que en el sitio de Solcor-3 efectivamente existen diferencias individuales relacionadas con la adquisición y distribución desigual de los bienes, y que esta variabilidad también se puede observar en el tipo de dieta consumida. No obstante, debido a la alta variabilidad interna no podemos establecer patrones dietarios fijos que estarían representado a los distintos grupos al interior de este sitio, por lo que consideramos más adecuado resaltar la capacidad agencial de cada individuo para construir su dieta a partir del espectro de sus posibilidades.

Recalcamos la importancia de observar los fenómenos que se dan dentro de un sitio, ya que al quedarnos solo en comparaciones mayores se producen generalizaciones que no necesariamente representan a la totalidad de una población. En el caso del sitio Solcor-3 vemos la existencia de objetos de poder y status, así como otros rasgos mortuorios o formas de modificación craneal que a simple vista pueden ser interpretadas como consecuencia de estar insertos en una esfera de interacción mayor, con una alta presencia del Estado Tiwanaku. Sin embargo, cuando centramos el foco en la comunidad local, vemos que lo que está ocurriendo es una reinterpretación local del estilo Tiwanaku, que adapta y manipula algunos aspectos de las culturas con las que interactúa, incorporándolos a su identidad local (AGÜERO Y URIBE, 2014; NADO et al, 2012; URIBE et al, 2016).

11. Referencias

- Agüero, C., & Uribe, M. (2011). Las sociedades Formativas de San Pedro de Atacama: Asentamiento, cronología y proceso. *Estudios atacameños*, (42), 53-78.
- Agüero, P. (2005). Aproximación al asentamiento humano temprano en los oasis de San Pedro de Atacama. *Estudios atacameños*, (30), 29-60.
- Ambrose, S. H. (1990). Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal of archaeological science*, 17(4), 431-451.
- Ambrose, S. H., & Norr, L. (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 *Prehistoric human bone* (pp. 1-37). Springer Berlin Heidelberg.
- Ambrose, S. H., Butler, B. M., Hanson, D. B., Hunter-Anderson, R. L., & Krueger, H. W. (1997). Stable isotopic analysis of human diet in the Marianas Archipelago, Western Pacific. *American journal of physical anthropology*, 104(3), 343-361.
- Ambrose, S. H., Buikstra, J., & Krueger, H. W. (2003). Status and gender differences in diet at Mound 72, Cahokia, revealed by isotopic analysis of bone. *Journal of Anthropological Archaeology*, 22(3), 217-226.
- Benavente Aninat, M. A., Massone Mezzano, C., & Thomas Winter, C. (1986). Larrache, evidencias atípicas. ¿Tiahuanaco en San Pedro de Atacama?.
- Berenguer, J. (1998). La iconografía del poder en Tiwanaku y su rol en la integración de zonas de frontera. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 7(1).
- Berenguer, J. y Percy Dauelsberg. (1989). El Norte Grande en la orbita de Tiwanaku (400 a 1200 dC). En *Culturas de Chile, prehistoria desde sus orígenes hasta los albores del la Conquista*, editado por Jorge Hidalgo, Virgilio Schiappacasse, Hans Niemeyer, Carlos Aldunate, e Ivan Solimano, 129-180.
- Berenguer, J., Castro, V., & Silva, O. (1980). Reflexiones acerca de la presencia de Tiwanaku en el norte de Chile. *Estudios Arqueológicos*, 5, 81-93.

- Browman, D. L. (1980). Tiwanaku expansion and altiplano economic patterns. *Estudios arqueológicos*, 5, 107-120.
- Buikstra, J. E., & Ubelaker, D. H. (1994). Standards for data collection from human skeletal remains.
- Costa-Junqueira, M. A., Alves Neves, W., de Barros, A. M., & Bartolomucci, R. (1998). Trauma y estrés en poblaciones prehistóricas de San Pedro de Atacama, norte de Chile. *Chungará (Arica)*, 30(1), 65-74.
- Costa, M. A., Alves Neves, W., & Hubbe, M. (2004). Influencia de Tiwanaku en la calidad de vida biológica de la población prehistórica de San Pedro de Atacama. *Estudios atacameños*, (27), 103-116.
- Costa, M. A., & Llagostera, A. (2014). Leishmaniasis en Coyo Oriente: migrantes trasandinos en San Pedro de Atacama. *Estudios atacameños*, (47), 5-18.
- Curet, L. A., & Pestle, W. J. (2010). Identifying high-status foods in the archeological record. *Journal of Anthropological Archaeology*, 29(4), 413-431.
- Da-Gloria, P. J. T., Neves, W. A., Costa-Junqueira, M. A., & Bartolomucci, R. (2011). Nonspecific: infectious diseases in prehistoric San Pedro de Atacama, Northern Chile. *Chungara: Revista de Antropología Chilena*, 43(1), 135-146.
- DeNiro, M. J. (1985). Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature*, 317(6040), 806-809.
- DeNiro, M. J. (1987). Stable isotopy and archaeology. *American Scientist*, 75(2), 182-191.
- DeNiro, M. J., & Epstein, S. (1978). Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et cosmochimica acta*, 42(5), 495-506.
- DeNiro, M. J., & Epstein, S. (1981). Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et cosmochimica acta*, 45(3), 341-351.
- Falabella, F., Planella, M. T., Aspillaga, E., Sanhueza, L., & Tykot, R. H. (2007). Diet in pottery-making societies from central Chile: the contribution of stable isotope analyses.
- Falabella, F., Planella, M. T., & Tykot, R. H. (2008). El maíz (*Zea mays*) en el mundo prehispánico de Chile central. *Latin American Antiquity*, 19(1), 25-46.

- Castro V., Berenguer J., Gallardo F., Llagostera A., Salazar D. (2016). Vertiente Occidental Circumpuneña. Desde las sociedades posarcaicas hasta las preincas (ca. 1500 años a.C a 1.470 años d.C). En Falabella, F., Uribe, M., Riquelme, L. S., & Aldunate, C. (Eds.). Prehistoria en Chile: desde sus primeros habitantes hasta los Incas. Editorial Universitaria.
- Hubbe, M., Oviedo, M., & Torres-Rouff, C. (2011). Estado de conservación y contextualización cronológica de la Colección Osteológica" Gustavo Le Paige". *Estudios atacameños*, (41), 29-44.
- Hubbe, M., Torres-Rouff, C., Neves, W. A., King, L. M., Da-Gloria, P., & Costa, M. A. (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(1), 62-72.
- Jennings, J., & Bowser, B. J. (Eds.). (2009). Drink, power, and society in the Andes (pp. 200-231). Gainesville: University Press of Florida.
- Katzenberg, M. A (2008). Stable isotope analysis: A tool for studying past diet, demography, and life history. *Biological Anthropology Of The Human Skeleton*. Katzenberg, M. A., & Saunders, S. R.
- Kellner, C. M., & Schoeninger, M. J. (2008). Wari's imperial influence on local Nasca diet: the stable isotope evidence. *Journal of Anthropological Archaeology*, 27(2), 226-243.
- Kinaston, R. L., Buckley, H. R., & Gray, A. (2013). Diet and social status on Taumako, a Polynesian outlier in the Southeastern Solomon Islands. *American journal of physical anthropology*, 151(4), 589-603.
- Knudson, K. J. (2007). La influencia de Tiwanaku en San Pedro de Atacama: Una investigación utilizando el análisis de isótopos del estroncio. *Estudios atacameños*, (33), 7-24.
- Knudson, K. J. (2009). Oxygen isotope analysis in a land of environmental extremes: the complexities of isotopic work in the Andes. *international Journal of osteoarchaeology*, 19(2), 171-191.

- Knudson, K. J., & Price, T. D. (2007). Utility of multiple chemical techniques in archaeological residential mobility studies: Case studies from Tiwanaku–and Chiribaya–affiliated sites in the Andes. *American Journal of Physical Anthropology*, 132(1), 25-39.
- Knudson, K. J., & Torres–Rouff, C. (2009). Investigating cultural heterogeneity in San Pedro de Atacama, northern Chile, through biogeochemistry and bioarchaeology. *American Journal of Physical Anthropology*, 138(4), 473-485.
- Knudson, K. J., Pestle, W. J., Torres–Rouff, C., & Pimentel, G. (2012). Assessing the life history of an andean traveller through biogeochemistry: Stable and radiogenic isotope analyses of archaeological human remains from Northern Chile. *International Journal of Osteoarchaeology*, 22(4), 435-451.
- Kuzmanic, I., & Sanhueza, J. (1984). Un enterratorio procedente del mineral de El Salvador (III Región). *Estudios Atacameños. Arqueología y antropología surandinas*, (7), 211-223.
- Krenzer, U. (2006). Estimación de la edad osteológica en adultos. *Compendio de métodos antropológico forenses para la reconstrucción del perfil osteobiológico*, 3, 1-63.
- Larsen, C. S. (1997). *Bioarchaeology: interpreting behavior from the human skeleton*.
- Larsen, C. S. (2002). *Bioarchaeology: the lives and lifestyles of past people*. *Journal of Archaeological Research*, 10(2), 119-166.
- Lee–Thorp, J. A. (2008). On Isotopes And Old Bones. *Archaeometry*, 50(6), 925-950.
- Lessa, A., & Mendonça de Souza, S. (2004). Violence in the Atacama desert during the Tiwanaku period: social tension?. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14(5), 374-388.
- Leyton, V. B. L. Enfermedad degenerativa articular en la población elite y no elite del sitio arqueológico Solcor-3: periodo medio, San Pedro de Atacama, norte de Chile. *Revista del Museo de Antropología*, 10(2), 123-130.
- Llagostera, A., Torres, C. M., & Costa, M. A. (1988). El complejo psicotrópico en Solcor-3 (San Pedro de Atacama). *Estudios atacameños*, 9(6), 1-98.

- Llagostera, A. (1996). San Pedro de Atacama: Nodo de complementariedad reticular. Integración surandina: cinco siglos después, 17-42.
- Llagostera, A. (2006). Contextualización e iconografía de las tabletas psicotrópicas tiwanaku de San Pedro de Atacama. *Chungará (Arica)*, 38(1), 83-111.
- Llagostera, A. (2010). Retomando los límites y las limitaciones del " archipiélago vertical". *Chungará (Arica)*, 42(1), 283-295.
- Llagostera, A., Torres, C. M., & Costa, M. A. (1988). El complejo psicotrópico en Solcor-3 (San Pedro de Atacama). *Estudios Atacameños*, 9(6), 1-98.
- Lukacs, J. R., & Largaespada, L. L. (2006). Explaining sex differences in dental caries prevalence: Saliva, hormones, and "life-history" etiologies. *American journal of human biology*, 18(4), 540-555.
- Lukacs, J. R. (2008). Fertility and agriculture accentuate sex differences in dental caries rates. *Current Anthropology*, 49(5), 901-914.
- Marsteller, S. J., Torres-Rouff, C., & Knudson, K. J. (2011). Pre-Columbian Andean sickness ideology and the social experience of leishmaniasis: a contextualized analysis of bioarchaeological and paleopathological data from San Pedro de Atacama, Chile. *International Journal of Paleopathology*, 1(1), 24-34.
- Mays, S. (1998). Chemical analysis of bone. *The archaeology of human bones*. Taylor & Francis.
- Mintz, S. W., & Du Bois, C. M. (2002). The anthropology of food and eating. *Annual review of anthropology*, 99-119.
- Nado, K. L., Marsteller, S. J., King, L. M., Daverman, B. M., Torres-Rouff, C., & Knudson, K. J. (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(2), 341-357.
- Neves, W. A., & Costa, M. A. (1998). Adult stature and standard of living in the prehistoric Atacama Desert. *Current Anthropology*, 39(2), 278-281.

- Nitsch, E. K., Humphrey, L. T., & Hedges, R. E. (2010). The effect of parity status on $\delta^{15}\text{N}$: looking for the “pregnancy effect” in 18th and 19th century London. *Journal of Archaeological Science*, 37(12), 3191-3199.
- Nuñez, a. L. Y TD Dillehay (1979) Movilidad giratoria, armonía social y desarrollo en los Andes Meridionales: patrones de tráfico e interacción económica (Ensayo). Dirección General de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad del Norte. Antofagasta.[Links].
- Nuñez, L. (1996). Movilidad caravánica en el área centro sur andina: reflexiones y expectativas. *Integración Surandina Cinco Siglos Después*, 43-61.
- Pestle, W. J., Torres-Rouff, C., Hubbe, M., & Smith, E. K. (2016). Eating out or dining in: modeling diverse dietary strategies in the Middle Period, San Pedro de Atacama, Chile. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1-15.
- Prowse, T. L., Schwarcz, H. P., Saunders, S. R., Macchiarelli, R., & Bondioli, L. (2005). Isotopic evidence for age-related variation in diet from Isola Sacra, Italy. *American Journal of Physical Anthropology*, 128(1), 2-13.
- Ortiz, C., R. Aravena, E. Briones, F. Suárez, C. Tore y J.F. Muñoz (2013). Sources of surface water for the Soncor ecosystem, Salar de Atacama basin, northern Chile. *Hydrological Sciences Journal* 59:336-350.
- Salazar, D. (2012). Historia de la minería indígena atacameña. Atacama. C. Aldunate (Eds) Colección Santander, Museo Chileno de Arte Precolombino pp: 198-221.
- Salazar, D., Figueroa, V., Morata, D., Mille, B., & Manrí, G. (2011). Metalurgia en San Pedro de Atacama durante el Período Medio: nuevos datos, nuevas preguntas. *Revista Chilena de Antropología*, (23)
- Salazar, D., Niemeyer, H. M., Horta, H., Figueroa, V., & Manríquez, G. (2014). Interaction, social identity, agency and change during Middle Horizon San Pedro de Atacama (northern Chile): A multidimensional and interdisciplinary perspective. *Journal of Anthropological Archaeology*, 35, 135-152.

- Santana, F. (2011). Multiculturalidad en el Cementerio Oriente de Quillagua ¿Co-existencia de grupos culturales? Una aproximación desde la bioantropología mediante análisis isotópicos de dieta y movilidad en el curso inferior del río Loa, Período Intermedio Tardío. Memoria para optar al Título de Antropóloga Física, Universidad de Chile.
- Santana, F. (2012). New insights about paleodiet and mobility in northern Chile: Comparative isotopic analysis between the Atacama and Tarapacá cultures during the Late Intermediate Period. Memoria para optar al Msc in Archaeology, University of Oxford.
- Schoeninger, M. J., & DeNiro, M. J. (1984). Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48(4), 625-639.
- Schoeninger, M. J., & Moore, K. (1992). Bone stable isotope studies in archaeology. *Journal of World Prehistory*, 6(2), 247-296.
- Sharp, Z. (2017). Principles of stable isotope geochemistry.
- Somerville, A. D., Goldstein, P. S., Baitzel, S. I., Bruwelheide, K. L., Dahlstedt, A. C., Yzurdiaga, L., ... & Schoeninger, M. J. (2015). Diet and gender in the Tiwanaku colonies: Stable isotope analysis of human bone collagen and apatite from Moquegua, Peru. *American journal of physical anthropology*, 158(3), 408-422.
- Stuart-Macadam, P. (1992). Porotic hyperostosis: a new perspective. *American Journal of Physical Anthropology*, 87(1), 39-47.
- Sullivan, C. H., & Krueger, H. W. (1981). Carbon isotope analysis of separate chemical phases in modern and fossil bone. *Nature*, 292(5821), 333-335.
- Torres-Rouff, C. (2008). The influence of Tiwanaku on life in the Chilean Atacama: mortuary and bodily perspectives. *American Anthropologist*, 110(3), 325-337.
- Torres-Rouff, C. (2011). Hiding inequality beneath prosperity: patterns of cranial injury in Middle Period San Pedro de Atacama, Northern Chile. *American journal of physical anthropology*, 146(1), 28-37.

- Torres-Rouff, C., & Costa Junqueira, M. A. (2006). Interpersonal violence in prehistoric San Pedro de Atacama, Chile: behavioral implications of environmental stress. *American Journal of Physical Anthropology*, 130(1), 60-70.
- Torres-Rouff, C., & Knudson, K. J. (2007). Examining The Life History Of An Individual From Solcor 3, San Pedro De Atacama: Combining Bioarchaeology And Archaeological Chemistry/Examinando La Vida De Un Individuo De Solcor 3, San Pedro De Atacama: Combinando La Bioarqueología Y La Química Arqueológica. *Chungara*, 235-257.
- Torres-Rouff, C., Knudson, K. J., & Hubbe, M. (2013). Issues of affinity: Exploring population structure in the middle and regional developments periods of San Pedro de Atacama, Chile. *American journal of physical anthropology*, 152(3), 370-382.
- Turkon, P. (2004). Food and status in the prehispanic Malpaso Valley, Zacatecas, Mexico. *Journal of Anthropological Archaeology*, 23(2), 225-251.
- Twiss, K. (2012). The archaeology of food and social diversity. *Journal of Archaeological Research*, 20(4), 357-395.
- Twiss, K. C. (2007). The archaeology of food and identity (No. 34). Southern Illinois Univ.
- Tykot, R. H. (2006). Isotope analyses and the histories of maize. *Histories of Maize: Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Linguistics, Biogeography, Domestication, and Evolution of Maize*, Elsevier, Burlington, MA, 131-142.
- Uribe Rodríguez, M. (2012). La Prehistoria de Atacama. Atacama. C. Aldunate (Eds) Colección Santander, Museo Chileno de Arte Precolombino pp: 54-109.
- Uribe Rodríguez, M., & Agüero Piwonka, C. (2004). Iconografía, alfarería y textilera Tiwanaku: elementos para una revisión del Período Medio en el Norte Grande de Chile. *Chungará (Arica)*, 36, 1055-1068.
- Uribe, M., Santana-Sagredo, F., Maturana, A., Flores, S., & Agüero, C. (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 DC). *Chungará (Arica)*, 48(2), 173-198.

- Varela, H. H., & Cocilovo, J. A. (2000). Structure of the Prehistoric Population of San Pedro de Atacama1. *Current Anthropology*, 41(1), 125-132.
- Varela, H. H., & Cocilovo, J. A. (2009). Microevolución en San Pedro de Atacama (Norte de Chile): El cementerio de Quito. *Latin American Antiquity*, 333-342.
- White, C., F. Longstaffe, D. Pendergast y J. Maxwell. (2009). Cultural Embodiment and the Enigmatic Identity of the Lovers from Lamanai. *Bioarchaeology and Identity in the Americas*. K. Knudson y C. Stojanowski (Eds) University Press of Florida pp: 155-176.