

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

EVALUACIÓN DE LOS ALIMENTOS CON POTENCIAL CARIOGÉNICO EN LA DIETA DE LOS PRIMEROS AGRICULTORES QUE HABITARON LA CUENCA DEL TITICACA

Juan C. Chávez Quispe

Observatorio del Patrimonio Cultural Arqueológico,
Universidad Mayor de San Andrés
Departamento de Antropología, University of California, Riverside.
jchav170@ucr.edu.
<https://orcid.org/0009-0006-7863-8225>



Resumen

El maíz es considerado como el principal alimento cariogénico de los Andes prehispánicos a pesar que esta afirmación puede ser cuestionada en regiones cuya producción y consumo es limitado. Los alimentos con un contenido alto de azúcar y carbohidratos promueven la caries dental y afectan de manera sistémica los procesos buco-dentales. Considerando que la producción de maíz en la cuenca del Titicaca fue mínima durante el periodo Formativo, los promotores de caries dental deben estar en alimentos alternativos. En este ensayo se arguye que el consumo de maíz como chicha no se constituye en un factor cariogénico en áreas no productoras de maíz. En cambio, los resultados alcanzados sostienen que tanto la preparación de alimentos como la masticación de hojas de coca, entre otros factores de riesgo, influyen en la incidencia de caries dental. Desde una perspectiva más amplia, la argumentación desarrollada sostiene que el estudio de la caries dental se constituye en una línea de evidencia adicional capaz de contribuir en la reconstrucción de dinámicas sociopolíticas y rituales del pasado.

Palabras Clave

Caries dental - Alimentos cariogénicos - Maíz - Cuenca del Titicaca - Periodo Formativo

Abstract

Maize is considered the main cariogenic food of the Pre-Columbian Andes even though this statement can be put into question in regions where maize production and consumption is scarce. Food products containing a high level of sugar and carbohydrates promote dental caries and systemically affect buccal and dental processes. Considering that maize production was minimal in the Titicaca basin, dental caries promoters must be found in alternative food products. This essay argues that maize consumption as chicha did not represent a cariogenic factor where maize cannot be grown. The results obtained suggest that food preparation and coca chewing promote dental caries. From a broader perspective, the argumentation also supports the idea that dental caries is a new line of evidence that contributes to investigating sociopolitical and ritual dynamics of the past.

Key words:

Dental caries - Cariogenic foods - Maize - Titicaca Basin - Formative Period

Introducción

La caries dental es una enfermedad que afecta a la humanidad desde la adopción de la agricultura como medio principal de sustento diario. Además de motivar cambios culturales significativos, el cultivo de gramíneas y la ingesta de carbohidratos promueve la propagación diferenciada de caries dental en los diversos segmentos que componen la sociedad. En el caso de los Andes prehispánicos, el cultivo y consumo de maíz es usualmente visto como el principal factor cariogénico, o que promueve la formación de caries, debido a la cantidad elevada de sacarosa y almidón que posee este alimento. Si bien algunas variedades de maíz pueden ser cultivadas en el altiplano, su producción se concentra en valles de mediana o baja altura ubicados en ambos márgenes de la cordillera andina. Por tanto, sea por limitaciones ecológicas o sociales en el acceso y consumo de maíz, la propagación de caries dental entre los primeros pobladores del altiplano radica en otro tipo de alimentos.

La cuenca del Titicaca es una región ideal para identificar promotores cariogénicos alternos ya que no es una región productora de maíz ni tenía acceso directo a grandes cantidades de este alimento. El desarrollo de relaciones sociales complejas, la articulación de redes de intercambio interregional, y el consumo de otros alimentos ricos en carbohidratos son factores adicionales que también inciden en la formación de caries. Investigaciones previas han determinado que la chicha de maíz era la forma más común de consumo de este alimento antes del siglo XV en el altiplano, y que no todos los segmentos poblacionales tenían acceso a esta bebida. En este artículo se explora de manera teórica el potencial cariogénico de los principales carbohidratos que componen la dieta en la cuenca del Titicaca durante el periodo Formativo con el objeto de (1) evaluar el impacto de la caries dental en áreas no productoras de maíz en base a la identificación de alimentos cariogénicos alternativos, y (2) mostrar las aplicaciones del estudio de caries como una nueva línea de evidencia en la investigación arqueológica.

Exposición del Caso. Caries dental: Etiología, procesos cariogénicos y factores de riesgo

La caries dental es una enfermedad dietobacteriana asociada con ciclos de desmineralización y remineralización de los dientes (Zero *et al.*, 2009). La fermentación bacteriana de carbohidratos produce ácidos orgánicos que provocan la desmineralización focal de tejidos dentales y dan paso al desarrollo de caries (Larsen, 1995). Si bien la saliva puede remover las bacterias y reparar lesiones incipientes para promover la remineralización de las piezas dentales afectadas, la formación de placa dental detiene este proceso y hace que la enfermedad avance (Zero *et al.*, 2009). Prácticas como la odontotomía profiláctica (McCollum, 1941), reducción en el consumo de azúcar (Edelstein, 2006), consumo de agua fluorada (Larsen, 1995; Zero *et al.*, 2009) o ingestión de leche, productos lácteos y sucedáneos de azúcar (Zero *et al.*, 2009) son conocidos por prevenir la enfermedad. Sin embargo, la prevalencia y gravedad de la caries dental en individuos mayores a 12 años otorga a esta enfermedad la categoría de pandemia (Edelstein, 2006). Diversos factores promueven la prevalencia de caries dental en el mundo actual, pero la mayoría de estos la vincula con el consumo de carbohidratos.

La ingestión de carbohidratos promueve la formación de placa dental y la consecuente proliferación de bacterias orales. La placa dental es un ecosistema originado por la deposición de glicoproteínas y polímeros extracelulares bacterianos en la superficie de los dientes dentro de la cavidad bucal (Lingström *et al.*, 2000; Pezo y Eggers, 2010). La ingestión de papilla u otros carbohidratos molidos acelera la formación de placa en la dentadura posterior y facilita los procesos cariogénicos bacterianos (Adler *et al.*, 2013). Además del *Streptococcus mutans*, muestras clínicas reportan la presencia de otras bacterias cariogénicas en entornos orales contemporáneos entre las que se incluye al *Lactobacillus acidophilus*, *Lachnospiraceae actinomycetales* (Adler *et al.*, 2013; Lukacs y Largaespada, 2006; Roberts y

La cuenca del Titicaca es una región ideal para identificar promotores cariogénicos alternos ya que no es una región productora de maíz ni tenía acceso directo a grandes cantidades de este alimento.

Si bien la disponibilidad de almidones es un factor de riesgo a considerar, existen otros factores que promueven o limitan la incidencia de la caries dental entre los primeros agricultores andinos.

Manchester, 2005), y *Candida albicans* (Zero *et al.*, 2009). No obstante, muestras arqueológicas revelan que el entorno oral de poblaciones del pasado era distinto pues incluye bacterias como *Porphyromonas gingivalis*, *Clostridiales incertae sedis* y *Veillonellaceae* (Adler *et al.*, 2013). Por tanto, la diferencia entre ambos entornos orales parece estar en ciertos elementos que componen los alimentos consumidos.

Los alimentos ricos en sacarosa y almidón son los principales promotores de procesos cariogénicos bacterianos. La sacarosa es un azúcar simple sintetizada por bacterias a través de la fermentación de la glucosa y fructosa contenida en los restos de alimentos que se acumulan en la placa dental (Roberts y Manchester, 2005). La remolacha azucarera y la caña de azúcar tienen la mayor cantidad de sacarosa disponible para el consumo. El consumo de azúcares fue mínimo en la antigüedad y su acceso fue amplio entre la élite de los siglos XV a XVIII. Sin embargo, la Revolución Industrial democratizó el consumo de azúcar al introducir tecnología avanzada para procesar alimentos. Esto incrementó el alcance y efecto cariogénico de la sacarosa en una escala mundial (Adler *et al.*, 2013). Dado que estos hechos son tardíos y ajenos a la América prehispánica, la sacarosa no se constituye en un factor cariogénico en la región y periodo aquí estudiado. La excepción a la regla podría encontrarse en frutas endémicas ricas en sacarosa como el cupuazú (Rebelo *et al.*, 2002), pero a la fecha no se tiene conocimiento de investigaciones específicas que evalúen el contenido de azúcar y potencial cariogénico de este producto.

En el caso del almidón, las bacterias orales sintetizan los carbohidratos ingeridos y lo convierten en maltosa, la misma que desmineraliza el esmalte dental y promueve la caries (Larsen, 1995; McCollum, 1941). A diferencia de la historia reciente de la sacarosa, el consumo de almidón se remonta al Neolítico pues fue en este momento de la historia que las sociedades agrícolas emergentes cambiaron una dieta rica en proteínas por dietas ricas en carbohidratos. Este cambio es notable en el incremento de la preva-

lencia de caries dental tras la adopción de economías agrícolas (Adler *et al.*, 2013; Larsen *et al.*, 1991; Turner, 1978). La domesticación y disponibilidad de cultivos base para la alimentación varió de región a región, por lo que el efecto de la caries dental también fue diferente. Por ejemplo, la domesticación de trigo en el Cercano Oriente, del arroz en el Sudeste asiático, del sagú en Papua Nueva Guinea y del maíz en las Américas generó procesos cariogénicos distintos (Lingström *et al.*, 2000; Roberts y Manchester, 2005). El maíz fue uno de muchos otros alimentos ricos en almidón que la población andina consumió de manera regular durante la época prehispánica, por lo que su rol como factor cariogénico es usualmente sobreentendido. Si bien la disponibilidad de almidones es un factor de riesgo a considerar, existen otros factores que promueven o limitan la incidencia de la caries dental entre los primeros agricultores andinos.

El número de factores de riesgo es tal que para mejor comprensión han sido agrupados de acuerdo a su relación con los procesos mecánicos y químicos que los promueven. Por un lado, los factores fisiológicos que exacerbaban la prevalencia de caries dental incluyen la nutrición y calcificación (McCollum, 1941), cambios de dieta, tipo de bacterias en la placa dental y factores fisiológicos idiosincrásicos (Lingström *et al.*, 2000), morfología dental, tiempo de erupción de los dientes, edad, composición de la saliva y flujo salival reducido (Indriati y Buikstra, 2001; Lukacs y Largaespada, 2006). Las diferencias bioquímicas específicas derivadas del sexo de los individuos también contribuyen en el desarrollo de caries dental, específicamente los cambios hormonales, el embarazo y la lactancia (Cucina *et al.*, 2011; Lukacs y Largaespada, 2006; Lukacs, 2008). Por otro lado, los factores medioambientales derivan del riesgo socioeconómico y dieta de los individuos. Entre estos factores se tiene la disponibilidad de alimentos ricos en carbohidratos, status social, condiciones de vida y hábitos de higiene dental (Edelstein, 2006; Larsen *et al.*, 1991; Pezo-Lanfranco *et al.*, 2017), el estilo de vida (p.ej., lactancia materna

a pedido, prolongada, o ambas) o cambios en la dieta (Arokiaraj *et al.*, 2017) y el comportamiento alimentario individual (Zero *et al.*, 2009).

Los restos dentales humanos procedentes de contextos arqueológicos no proporcionan información completa sobre los distintos factores de riesgo antes mencionados. Esta restricción en los datos se acrecienta aún más cuando se considera la baja disponibilidad de materiales y sesgo muestral en el que usualmente se incurre al estudiar la dentición, ya que las escasas colecciones existentes no son representativas para evaluar la prevalencia de la enfermedad en el pasado. Sin embargo, dichas colecciones proporcionan datos de valor sobre el comportamiento y organización social de grupos discretos en los que la disponibilidad y distribución de alimentos es esencialmente homogénea. La literatura revisada sugiere que existen cinco factores que inciden en la prevalencia de caries en la América prehispánica. A continuación se describe las características de cada uno de los factores identificados con un énfasis en el altiplano andino, pues esto servirá de base para abordar aspectos específicos de la caries dental y los alimentos cariogénicos en la cuenca del Titicaca.

La división sexual del trabajo lleva el desarrollo de actividades diarias diferentes entre varones y mujeres, hecho que predispone a los individuos a factores de riesgo determinados por la dieta asignada a cada sexo. Por ejemplo, investigaciones en Yucatán demostraron que los varones realizaban actividades fuera del hogar (p.ej., pesca o caza de animales salvajes, construcción de infraestructura pública o comercio), razón por la cual tenían acceso directo y consumían mayor cantidad de proteínas (p.ej., carne o recursos marinos), alimentos exóticos socialmente valorados (p.ej. maíz), bebidas (p.ej., chicha) o artículos de consumo ritual. El trabajo de las mujeres se concentraba en el hogar pues cocinaban para niños o ancianos y estaban a cargo de la recolección o cultivo de alimentos, hecho que facilitó el acceso directo a fuentes de carbohidrato (Gagnon *et al.*, 2013; Hubbe *et al.*,

2012; Larsen *et al.*, 1991; Larsen, 1995; Pezo Lanfranco y Eggers, 2010). En este caso, el mayor consumo de carbohidratos entre las mujeres hizo que ellas sean más propensas a la caries dental que los varones.

Las variaciones en el nivel socioeconómico determinaron el acceso diferenciado a productos alimenticios, tanto en calidad como en cantidad, y promovieron la variación en la prevalencia de caries dental por segmento social. Por ejemplo, en el pasado los grupos de élite concentraban poder e influencia sobre el resto de la sociedad y controlaban el acceso a recursos alimenticios de alta calidad, hecho que motivó el consumo de una dieta diversificada que incluía alimentos importados de otras regiones (p.ej., carne o pescado no local). En comparación, la no élite carecía de acceso a alimentos ricos en proteínas y su dieta estaba limitada a alimentos locales básicos y ricos en carbohidratos. La diferencia en la dieta por causa de diferencias sociales liberó a la élite de la caries dental y promovió la mayor propensión de dicha enfermedad entre la no élite en sociedades jerárquicas (Cucina *et al.*, 2011). Alternativamente, las sociedades no jerárquicas dependían de lazos de parentesco entre comunidades distantes para acceder a alimentos no locales (Buzon *et al.*, 2012). Además de complementar la dieta local con productos alimenticios foráneos (p.ej., carne, pescado, miel), estos recursos pudieron haber incrementado o reducido la susceptibilidad a la caries dental.

La disponibilidad de carbohidratos es específica al entorno medioambiental estudiado, por lo que sus efectos sobre la prevalencia de caries varía regionalmente (Buzon *et al.*, 2012).

El maíz es el principal carbohidrato consumido en los valles interandinos y uno de los más importantes recursos exportados al altiplano, pero también es el principal alimento que promovió la caries dental en las sociedades del pasado (Berryman, 2010; Gagnon *et al.*, 2013; Hubbe *et al.*, 2012; Turner, 1978). Esta conexión no se aplica por igual a todas las regiones o períodos conocidos, ya

La división sexual del trabajo lleva el desarrollo de actividades diarias diferentes entre varones y mujeres, hecho que predispone a los individuos a factores de riesgo determinados por la dieta asignada a cada sexo.

La forma de preparación de los alimentos incide en el potencial cariogénico de los alimentos ricos en carbohidrato, pues dependiendo de los ingredientes o procesos involucrados cambian las propiedades del alimento ingerido.

que entre los promotores cariogénicos se debe incluir a otros tipos de alimentos ricos en almidón (Klaus *et al.*, 2010), carbohidratos (Blom y Bandy, 1999) o una combinación de productos alimenticios, subproductos, y prácticas culturales que componen dietas específicas. Al ser un producto no endémico de las tierras altas, la adquisición del maíz promovió la articulación de redes de intercambio interregional y otros mecanismos de interacción con los valles. Además del maíz, los pobladores andinos prehispánicos disponían de otros alimentos para el consumo. Este es el caso del chañar y algarrobo en el norte de Chile (Hubbe *et al.*, 2012), o de los frijoles, zapallo, lúcumo, papas, pimientos, mandioca, camote y nopal en la costa sur del Perú (Indriati y Buikstra, 2001; Pezo-Lanfranco *et al.*, 2017). Se tiene también reportes del consumo de frijoles, quinua, carne de camélidos y cuyes en la Sierra de los Andes Centrales (Juengst y Skidmore, 2016). Por tanto, identificar la gama de alimentos ricos en carbohidratos disponibles en la cuenca del Titicaca es uno de los aportes que hace esta investigación como se describe más adelante.

La forma de preparación de los alimentos incide en el potencial cariogénico de los alimentos ricos en carbohidrato, pues dependiendo de los ingredientes o procesos involucrados cambian las propiedades del alimento ingerido. Mientras que los alimentos crudos son menos cariogénicos y afectan tan sólo al esmalte dental externo, los alimentos hervidos son pegajosos y altamente cariogénicos. Esto estimula la formación de placa dental e incrementa las lesiones cariosas en la dentina y pulpa dental (Cucina *et al.*, 2011; Larsen, 1995; Pezo-Lanfranco y Eggers, 2010). Aunque los alimentos hervidos tienden a tener menor cantidad de carbohidratos que los alimentos crudos, tostados, secos o molidos/harinosos, su potencial cariogénico es mayor dada la capacidad que tienen por formar placas dentales de manera rápida y efectiva.

La masticación de coca es el último factor de riesgo a revisar para los Andes prehispánicos dadas las características en el acceso y distribución de este recurso en

el pasado. La coca es una hoja cultivada en un medioambiente húmedo y de baja altura cuyo consumo en eventos rituales y de construcción social es alto en los Andes. Como producto no dietético, la masticación de coca por tiempos prolongados permite extraer alcaloides esenciales que provocan cambios fisiológicos en los masticadores habituales y ayudan a reducir el mal de altura propio de las tierras altas (Indriati y Buikstra, 2001). El consumo de subproductos hechos de ceniza, cal u otros compuestos junto a hojas de coca exacerbaban este proceso. Los masticadores habituales sostienen bolos en las mejillas, especialmente a lo largo de la dentadura mandibular posterior. La masticación de coca afecta la dentadura en un proceso sistémico ya que bloquea los nervios parasimpáticos, disminuye el flujo de saliva (xerostomía), aumenta la formación de placa, expone las raíces dentales y promueve la caries dental en la superficie bucal (Gagnon *et al.*, 2013; Indriati y Buikstra, 2001).

Una vez conocidas las cinco variables que inciden en la prevalencia de caries dental en los Andes, a continuación se describe el estado de las investigaciones sobre la dieta y potenciales alimentos cariogénicos en la cuenca del Titicaca.

Dietá y alimentos cariogénicos en la cuenca del Titicaca

La Cuenca del Titicaca es una de las áreas del altiplano andino en la que se generaron dinámicas socioculturales complejas a lo largo de la historia regional. El Lago Titicaca se encuentra ubicado en la meseta inter-cordillerana al sur del Perú y oeste de Bolivia, y en sus márgenes se construyó un paisaje antropogénico milenario. Visiones locales del paisaje lo dividen en cuatro segmentos: el lago que incluye humedales inundados estacionalmente (3.812 msnm), llanuras lacustres con poca variación altitudinal (3.812-3.850 msnm), laderas de colinas bajas que incluyen islas y penínsulas (3.812-4.200 msnm) y praderas de gran altitud (4.200-4.600 msnm) (Erickson, 2000). Las fluctuaciones en el nivel del lago y del caudal de los ríos adjuntos producen cambios estacionales

en los humedales y tierras agrícolas, hecho que motivó la construcción de un paisaje cultural compuesto por campos elevados, terrazas, huertas a desnivel y sistemas de riego entre otros tipos de infraestructura agrícola (Erickson, 2000).

La historia ocupacional de la cuenca del Titicaca inició con poblaciones cazadoras y recolectoras entre el 10.000/8.000 a.C. y 1.800 a.C., siendo esta última fecha cuando diversas poblaciones agricultoras se asentaron en los alrededores del lago Titicaca. La dieta de las poblaciones preagrícolas era rica en proteínas como resultado del consumo de carne de camélidos, venados (taruca), aves, y pescado. Aunque se requiere mayor evidencia sólida, el complejo *Chenopodium* —entre otros granos silvestres desconocidos— pudo también haber sido cosechado, procesado (molido) y consumido durante este período (Haas y Viviano Llave, 2015). El desgaste dental severo es frecuente incluso en individuos menores de 35 años en Soro Mik'aya Patjxa, aunque la caries dental es inexistente en dicho sitio pues solo se registró una lesión cariosa secundaria (0,03%) en el primer molar de un hombre de mediana edad (Haas y Viviano Llave, 2015; Watson y Haas, 2017). El desgaste dental anterior intenso y la ausencia de lesiones cariosas son consistentes con grupos de cazadores-recolectores terrestres cuya dieta incluía tubérculos durante el período preagrícola (Watson y Haas, 2017).

Por su parte, las sociedades agrícolas emergieron durante el período Formativo alrededor del 1.800 a.C. Estas sociedades motivaron la domesticación y producción de granos y tubérculos, la adquisición de productos alimenticios foráneos mediante el intercambio, y la adopción de nuevas formas de preparación de alimentos. Los alimentos nativos del altiplano incluyen a los géneros *lupin* (p.ej., tarhui), *chenopodium* (p.ej., quinua, kañawa), *solanum* (p.ej., papa), *oxalis* (p.ej., oca), *ullucus* (olluco) y *tropaeolum* (p.ej., isañu) (Cutler, 1954; Ericsson, 2000). Las especies silvestres coexistieron con los cultivos domesticados a lo largo de la historia, aunque muchas de ellas son desconocidas en

la literatura científica (Whitehead, 1999). Si bien la dieta general era rica en carbohidratos, ésta se complementaba con proteínas obtenidas de peces, aves y mamíferos como cuyes, llamas, guanacos, alpacas y venados (Moore *et al.*, 1999; Whitehead, 2006). En este momento temprano del desarrollo regional se adaptó el cultivo de una variedad de maíz en el altiplano cuya importancia en la dieta local fue evidente recién a fines del siglo XV, pues la importación de otras variedades de maíz y coca procedentes de la vertiente oriental estaba altamente desarrollada (Cutler, 1954; Erickson, 2000).

La papa y el maíz son los alimentos emblemáticos de los Andes. Su dispersión post 1532 transformó la alimentación a nivel mundial, pero su alcance parece haber sido diferente entre las primeras sociedades agrícolas de la cuenca del Titicaca. Los primeros agricultores asentados en Chiripa (1500 a.C.-500 d.C.) tenían una dieta basada en el complejo *Chenopodium* que se compone de granos de quinua silvestre, quinua domesticada y granos de kañawa (Bruno, 2006; Bruno y Whitehead, 2003; Bruno *et al.*, 2018). No se reportó evidencia arqueológica de los géneros *Solanum* o *Maize* (Whitehead, 2006). Sin embargo, existe evidencia de actividades que implican hervir el maíz a bajas temperaturas para elaborar chicha y consumirla en contextos ceremoniales a lo largo de la Península de Taraco durante el período Formativo (Logan *et al.*, 2012). No existe evidencia del tostado o cocción de maíz para consumo como papilla o mote (maíz hervido). Por tanto, es probable que las dificultades en el acceso a maíz determinaran restricciones en su consumo como alimento durante el Formativo, pero no así su consumo como bebida de uso ritual vinculado a los templos de la tradición Yaya-Mama (Juengst, 2015; Logan *et al.*, 2012).

La prevalencia de caries dental aumentó entre las primeras sociedades agrícolas desde que se adoptó dietas ricas en carbohidratos a nivel regional. El porcentaje de individuos con caries dental en Chiripa es del 57,1% (4 de 7

La prevalencia de caries dental aumentó entre las primeras sociedades agrícolas desde que se adoptó dietas ricas en carbohidratos a nivel regional.

El rol central del maíz en la dieta andina es evidente tanto en la gran cantidad de variedades como en la amplia gama de formas de preparación de este alimento registradas en la historia.

individuos) (Blom y Bandy, 1999), mientras que en la península de Copacabana es del 62,8% (81 de 129 individuos). Esto refleja que el consumo de chicha de maíz en templos u otros lugares públicos fue común en el Formativo. Las diferencias en la distribución de caries dental por sexo sugieren que los hombres tuvieron más acceso a dicha sustancia ritualmente significativa (29 de 49 individuos), aunque otras prácticas pudieron también haber promovido la patología dental dada la existencia de caries en subadultos (13 individuos) (Juengst, 2015). Esto es llamativo porque el consumo de maíz entre los subadultos probablemente provino del consumo de chicha dada la ausencia de preparación o hervido de maíz para el consumo alimenticio durante este periodo. Esto sugiere que el consumo de chicha pudo haber sido más amplio en el pasado. Datos adicionales sobre la preparación de alimentos y bebidas permitirán conocer con mayor detalle los hábitos de consumo en distintos periodos del pasado prehispánico. Sin embargo, en este artículo nos centramos en los alimentos cariogénicos disponibles para las personas que vivían en los márgenes del Titicaca durante el Formativo.

Un patrón de consumo diferente emergió en los valles de Tiwanaku, Katari y Desaguadero durante el Formativo Tardío. El Formativo Tardío es una fase de transición entre las primeras sociedades agrícolas y el complejo sistema Tiwanaku que influenció gran parte de los Andes Centro Sur. El porcentaje de individuos con caries dental es del 10,8% (17 de 158 personas). Los hombres conforman el grupo con mayor prevalencia de caries dental. La comparación intra e inter-sítios sugiere que la dieta y edad son los dos factores de riesgo que promueven la caries dental en los sitios arriba mencionados (Berryman, 2010). La disminución de prevalencia de caries dental del 50-60% en Chiripa y península de Copacabana al 10% en los valles de Tiwanaku, Katari y Desaguadero es significativa pues denota un patrón que continúa en declive durante el periodo Tiwanaku (Berryman, 2010; Blom y Bandy, 1999). Además, la mayor prevalencia de caries entre los hombres sugiere procesos incipientes de división sexual del trabajo

u otros procesos sociales diferenciados que iniciaron durante el Formativo (Berryman, 2010). Desde una perspectiva amplia, tal disminución también denota un menor acceso al maíz por parte del conjunto de habitantes de Tiwanaku en relación a grupos que habitaron en otros sitios durante el Formativo. Para evaluar esta situación, a continuación se evalúa el carácter cariogénico de los principales alimentos disponibles en la Cuenca del Titicaca.

Evaluación de alimentos cariogénicos disponibles en la Cuenca del Titicaca

El rol central del maíz en la dieta andina es evidente tanto en la gran cantidad de variedades como en la amplia gama de formas de preparación de este alimento registradas en la historia. En Bolivia se documentaron cuarenta variedades contemporáneas de maíz (FONAMA, 1998) y se tiene otras adicionales en Perú (INS, 2009). Las dos variedades de maíz más consumidas en el Perú contemporáneo (jora y maíz blanco) demuestran que la cantidad de carbohidratos varía entre las variedades de maíz existentes (Figura 1). Los registros históricos reportan la práctica de diversas formas de preparación de alimentos. Sin embargo, las bases de datos consultadas sólo reportan algunas formas cuya práctica incide en la cantidad de carbohidratos existente en los subproductos procesados. Así, el maíz crudo presenta la menor cantidad de carbohidratos en comparación con las variedades de maíz tostado, seco, molido/harina, o transformado por mecanismos de procesamiento, excepto por el hervido. El maíz hervido presenta una cantidad mínima de carbohidratos. Esto coincide con reportes previos que argumentan que el maíz hervido denota menor prevalencia de caries dental entre sus consumidores (Lingström *et al.*, 2000). Información detallada sobre las variedades locales, las preferencias alimenticias y las formas de preparación de los alimentos podría mejorar los estudios regionales específicos.

La Figura 1 también muestra la variación en la cantidad de carbohidratos

existentes en otros alimentos y subproductos, incluyendo legumbres (p.ej., maní, frijoles), tubérculos (p.ej., mandioca, batata), solanáceas (p.ej., ají), frutas (p.ej., lúcumo) y otras plantas (p.ej., muña). Si bien los subproductos demuestran ser más cariogénicos que los alimentos crudos (ver Zero *et al.*, 2009), aún se requiere de estudios específicos para confirmar esta observación. Por ejemplo, investigaciones experimentales sobre el potencial cariogénico de la mandioca emulando patrones de alimentación antiguos en un ambiente controlado (laboratorio) dieron como resultado que el potencial cariogénico de la mandioca es negativo. Esto ocurrió porque la mandioca presenta dextrina, que es un azúcar no cariogénica, usualmente metabolizada sin dañar a la dentición durante el consumo de almidón (Rebelo *et al.*, 2002). Lamentablemente no se dispone de datos similares para los recursos alimenticios o subproductos disponibles en la cuenca del Titicaca. No obstante, la variación entre las cantidades de carbohidratos de los especímenes arqueológicos y contemporáneos es una variable a considerar, pues los datos aquí presentados tan sólo validan la necesidad por identificar potenciales alimentos cariogénicos más allá del maíz.

Con respecto a la preparación de alimentos, la Figura 1 muestra que cualquier tipo de alimento molido y convertido en harina tiende a aumentar significativamente la cantidad de carbohidratos.

Hervir harina para cocinar alimentos blandos y pegajosos aumenta el efecto cariogénico de los carbohidratos, ya que la temperatura agrega una capa de procesamiento adicional a los alimentos molidos. Por tanto, no sólo el tipo sino también la forma de preparación de los alimentos es importante para evaluar el potencial cariogénico de determinados alimentos en las dietas prehispánicas.

La chicha de maíz es considerada como un promotor de la caries dental, pero su incidencia disminuye en comparación con el producto alimenticio crudo con el que se elabora. La chicha de maíz es la bebida más valiosa de los Andes, aunque es posible que en el pasado también pudo haberse elaborado otros tipos de chicha utilizando alimentos como la mandioca, maní, algarrobo, bayas de *Schinus molle* y quinua (Logan *et al.*, 2012; Pezo-Lanfranco y Eggers, 2010; Pezo-Lanfranco *et al.*, 2017). La cantidad de carbohidratos presentes en algunas bebidas procesadas, incluidas las variedades modernas a las que se les agrega azúcar procesada, confirman que las bebidas por lo general poseen un potencial cariogénico bajo (Figura 2). Si bien los datos presentados son modernos, llama la atención que incluso las bebidas ricas en sacarosa, como es el caso de las gaseosas modernas, también reflejan un mínimo potencial cariogénico. Esto concuerda con los reportes que indican que los almidones de trigo, maíz, papa, mandioca

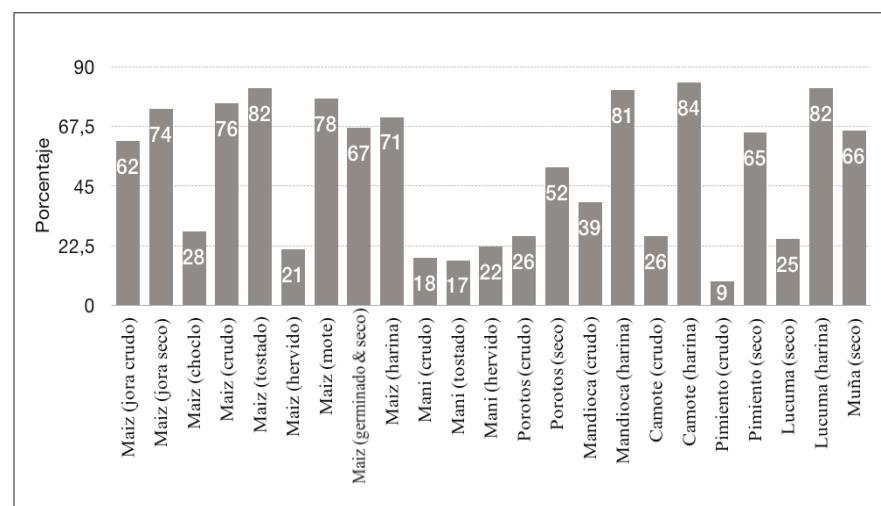


Figura 1:
Relación porcentual
de alimentos
andinos con
respecto a su
contenido de
carbohidratos.

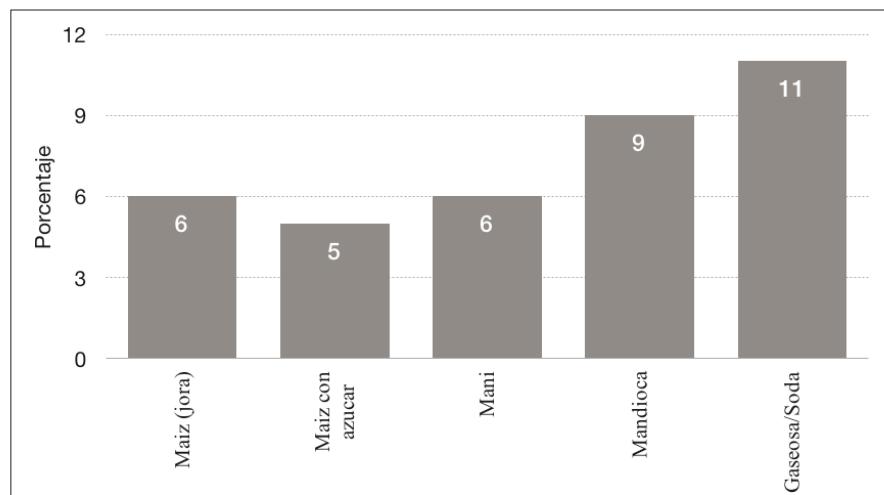


Figura 2: Relación porcentual de bebidas contemporáneas con respecto a su contenido de carbohidratos

y arruruz podrían ser más cariogénicos que la sacarosa (Lingström *et al.*, 2000). Por su parte, la miel posee un 86% de carbohidratos (INS 2009), por lo que se constituye en un potencial promotor de caries dental con mayor incidencia entre las sociedades que tienen acceso a este producto alimenticio.

Considerando que el maíz no era un cultivo desarrollado en la cuenca del Titicaca y que su consumo era mínimo, incluso como chicha, las primeras sociedades agrícolas parecen haber estado libres de caries. Sin embargo, los estudios arqueobiológicos antes reportados indican que las caries eran frecuentes, por lo que esta patología dental pudo haber sido promovida por otros alimentos nativos ricos en carbohidratos. Así, los alimentos con mayor cantidad de carbohidratos disponibles en la cuenca del Titicaca corresponden a cereales (kañawa, quinua y tarhui) y tubérculos (oca, olluco y papa) (Figura 3). Tanto la kañawa como la quinua poseen una gran cantidad de carbohidratos, hecho que refleja su potencial cariogénico. El consumo de alimentos procesados genera mayor cantidad de carbohidratos, como se observó anteriormente entre otros alimentos andinos, y multiplica el riesgo de caries dental entre sus consumidores. Por su parte, la quinua y otros cereales del complejo *Chenopodium* fueron fundamentales para las sociedades agrícolas desde el período Formativo, aunque la

papa pudo haber jugado un rol similar o al menos complementario. Investigaciones adicionales confirmarán el valor de la papa en las dietas prehispánicas de la cuenca del Titicaca.

Un elemento adicional que requiere mayor investigación es la ingestión de suelos y su incidencia en la caries dental. Existen diversos tipos de suelos comestibles que complementaron la dieta andina prehispánica así como lo hacen en la actualidad, ya que su consumo parece devenir de sus componentes nutricionales y aplicaciones médicas. La *ph'asa* o *ch'aqo* es la arcilla comestible más conocida y corresponde a filosilicatos cuyo disolución en agua para el consumo produce alivio de enfermedades entéricas provocadas por fitotoxinas ingeridas con papas ácidas (solanina), quinua (saponina) o frijoles (lunatin). Se encontró *ph'asa* en Tiwanaku, Iwawi y ACH-10 y se la considera como una de las principales causas de desgaste dental (O'Brien, 1997, en Browman, 2004). De manera similar, *Q'atawi* es un suelo comestible compuesto por sodio y calcio que se consume junto con la quinua o la kañawa. Se encontró *q'atawi* en Chiripa (510 a. C. - 470 a. C.) y Pucara, donde se lo conoce como *Llipt'a* (Browman, 2004). Investigaciones adicionales proporcionarán mayor información sobre el potencial cariogénico y los efectos causados por la combinación dietética de alimentos y suelos comestibles en la dentadura humana.

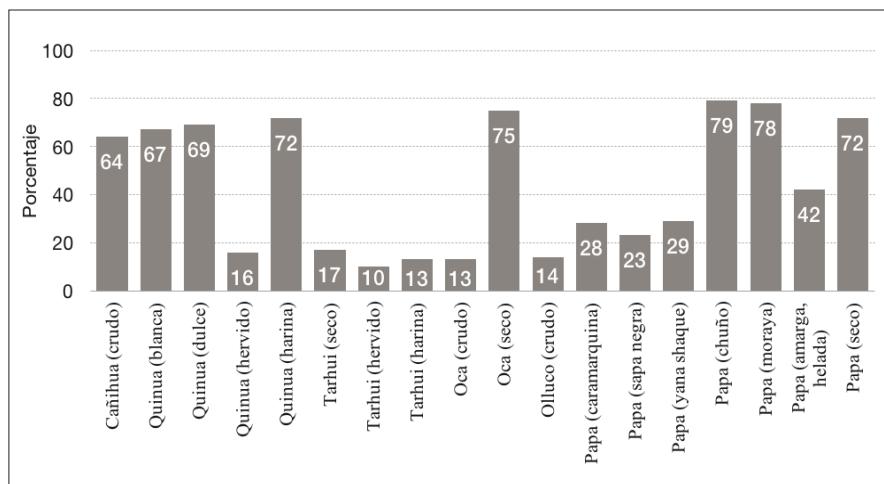


Figura 3: Relación porcentual de variedades de alimentos andinos con respecto a su contenido de carbohidratos de acuerdo a algunas formas de preparación

Discusión

La caries dental es una patología multifactorial que impide que las personas lleven una vida sana y productiva pues produce dolor, pérdida parcial de función, pérdida dentaria precoz (antemortem), maloclusión, retraso del crecimiento dental, pérdida de la autoestima, deterioro de la calidad de vida y complicaciones sociales (Arokiaraj *et al.*, 2017; Edelstein, 2006). La sacarosa ingerida con azúcar procesada es el principal promotor cariogénico en el mundo moderno. El azúcar es un subproducto elaborado a partir de la caña de azúcar y la remolacha azucarera desde el siglo XV, pero la popularización de este producto se produjo tan sólo desde el siglo XIX. Sin embargo, la falta de azúcar procesada en la América prehispánica no equivale a un continente americano libre de sacarosa. El consumo de sacarosa ocurrió a través de carbohidratos no domesticados, especialmente tubérculos silvestres, y otros productos alimenticios como la miel, fruta de algarrobo, caique o maíz (Bernal *et al.*, 2007). El maíz contiene altas cantidades de sacarosa (2-6%) (Larsen *et al.*, 1991).

El almidón es un determinante co-cariogénico que afecta a los dientes de acuerdo al tipo de alimento ingerido, la forma de preparación, o la combinación de productos alimenticios diversos (Lingström *et al.*, 2000). Varios tipos de carbohidratos contienen almidón y estuvieron disponibles para el consumo

entre las poblaciones humanas del pasado tras la adopción de cultivos nativos específicos como alimentos básicos. A mayor ingesta de carbohidratos con alto contenido de almidón, mayor prevalencia de caries dental. La variación en la forma de preparación de los alimentos también influyó en la susceptibilidad a la caries dental. Los carbohidratos cocinados a baja temperatura son menos cariogénicos que los carbohidratos hervidos a alta temperatura. Sin embargo, la trituración es el tipo de alimento procesado más dañino porque hace que el almidón se acumule fácilmente en los dientes posteriores y promueve la formación de placa dental. Por tanto, la retención de restos de comida en los dientes promueve la biodisponibilidad de almidón en procesos acidogénicos de la placa bacteriana durante tiempos prolongados. Esto a su vez hace que las bacterias orales produzcan maltosa y aceleren la formación de caries dental (Lingström *et al.*, 2000).

En esta investigación no se cuestiona el rol cariogénico de los carbohidratos —sea producto de azúcares/sacarosa o almidones/maltosa— cuando se explica la prevalencia de caries dental en los Andes prehispánicos, pero sí el tipo de alimento ingerido ya que estos contribuyen en la mayor o menor incidencia de la patología dental estudiada. El maíz ha sido identificado como un alimento rico en carbohidratos y usualmente visto como responsable de la caries dental en los Andes prehispánicos. El maíz es rico

Mientras que el desgaste dental era común entre las sociedades preagrícolas, la caries dental afectaba con mayor frecuencia a las sociedades agrícolas.

tanto en sacarosa como en almidón, y su producción ha motivado la expansión de entidades sociopolíticas complejas fuera de su territorio nuclear para obtener dicho recurso, alcanzando un punto máximo de expansión con el imperio Inca. El maíz no fue un cultivo básico en todos los Andes a lo largo de la historia, y sus efectos cariogénicos difieren en cada región. Esto es importante porque muchos otros alimentos endémicos a regiones andinas específicas pudieron haber jugado un rol más importante que el maíz en las historias locales. Más importante aún, el acceso a los alimentos cariogénicos depende de variables diferenciales dentro de las comunidades locales, incluido el sexo, status, ocupación, u otras variables significativas (Lukacs y Largaespada, 2006).

El desarrollo sociopolítico en la cuenca del Lago Titicaca es significativo dadas sus condiciones medioambientales favorables para la agricultura, ganadería y pesca. El maíz no fue el principal cultivo básico que impulsó la complejización regional, pero influyó en la construcción de comunidades y organizaciones complejas. Como alimento no endémico de las tierras altas, el maíz no estaba disponible para todos los segmentos de la población ni era ingerido con regularidad. Las poblaciones preagrícolas no tenían acceso al maíz, pero tenían una dieta rica en proteínas obtenidas de la carne y complementada con el género *Chenopodium* y otros cereales aún no identificados. Por tanto, la caries dental pudo haber sido inexistente o haber desaparecido por desgaste (Watson y Haas, 2017).

Las primeras sociedades agrícolas del Período Formativo Temprano tenían un acceso limitado al maíz y una dieta bastante diversificada. No eran agricultores a tiempo completo, sino horticultores a tiempo parcial, pastores de llamas y recolectores de alimentos silvestres (Bruno y Whitehead, 2003; Whitehead, 2006). Existe evidencia material del consumo de chicha de maíz en áreas ceremoniales, pero no de la preparación de maíz para la alimentación. Esta evidencia no es consistente con el modelo de la “dieta del hombre primitivo” en la cual se consume alimentos hervidos con alto

contenido de almidón y bajo contenido de sacarosa (Lingström *et al.*, 2000). Aunque la prevalencia de caries dental fue más alta que en el período anterior, el acceso a proteínas cárnicas, cultivos nativos y alimentos importados pudo haber reducido el efecto de las patologías dentales entre los primeros agricultores.

En contraste, las sociedades agrícolas subsecuentes desarrollaron más estrategias para diversificar su dieta a través del establecimiento de extensas redes de intercambio. La quinua fue el principal cultivo de consumo durante el Formativo Medio y Tardío, pero la chicha de maíz fue fundamental para las actividades sociopolíticas y ceremoniales. El maíz del altiplano no estaba disponible en ese momento, por lo que las importaciones del valle supieron esta necesidad. Las sociedades jerárquicas incipientes estaban clasificadas por status y preparaban el maíz para la alimentación de acuerdo a patrones específicos de distribución. Mientras que la élite emergente ingirió más carne y maíz, los campesinos dependieron mayormente del género *Chenopodia* y de tubérculos ricos en carbohidratos (Bray, 2003: 9, citada en Pezo-Lanfranco *et al.*, 2017). Además, se tienen reportes de diferencia regional; los sitios del valle de Desaguadero obtuvieron acceso al maíz con mayor frecuencia y en mayor cantidad que otros sitios ubicados en los valles de Tiwanaku y Katari. Este patrón de distribución diferencial continuó casi inalterado durante el período Tiwanaku. Sin embargo, los grupos étnicos y sociales pudieron haber jugado un papel significativo en el establecimiento de dietas diferenciadas incluso dentro de la ciudad de Tiwanaku (Berryman, 2010).

Revisar aspectos cariogénicos contextuales y contrastarlos con la disponibilidad de alimentos en la cuenca del Titicaca denota que la variación en las dietas locales produjo diferentes efectos en los dientes. Mientras que el desgaste dental era común entre las sociedades preagrícolas, la caries dental afectaba con mayor frecuencia a las sociedades agrícolas. Teniendo en cuenta que los patrones específicos de lesiones cariosas se correlacionan con los productos

alimenticios ingeridos, la profundidad y ubicación de la caries dental podrían considerarse marcadores cariogénicos útiles para inferir patrones de subsistencia (Pezo y Eggers, 2010), y evaluar prácticas culturales inferidas a partir del registro arqueológico. Por ejemplo, la caries dental oclusal en la dentadura de niños denota entornos orales con altos niveles de bacterias (Juengst y Skidmore, 2016). La caries dental cervical en las superficies proximales reflejan el consumo de chicha de maíz ya que esta bebida densa penetra en áreas que, de otro modo, no podrían concentrar almidón como es el caso del área interproximal dental (Pezo-Lanfranco et al., 2017).

Las lesiones cariosas ubicadas en la unión cemento-esmalte (CEJ en inglés) son indicadores del consumo de alimentos con almidón y masticación de coca (Indriati y Buikstra, 2001). Ambos procesos son el resultado de la placa dental acumulada en la superficie bucal de la dentadura posterior y promueven la biodisponibilidad de elementos acidógenos que las bacterias aprovechan para afectar a los molares (Adler et al., 2013). El maíz y los tubérculos cocidos a 100 grados centígrados o más hacen que el almidón se gelatinice; este subproducto promueve la formación de placa en la parte cervical de los dientes. De manera análoga, masticar coca es una práctica cultural que afecta a los masticadores en el área vestibular triangular, o en forma de V, de los molares superiores e inferiores (Indriati y Buikstra, 2001; Pezo y Eggers, 2010). El estudio de las superficies dentales afectadas en las colecciones dentales arqueológicas disponibles podría proporcionar mayor información que confirme el consumo de maíz o coca entre las sociedades agrícolas tempranas, ya que la ubicación de la caries dental está correlacionada con patrones específicos de consumo de alimentos.

Las tasas de caries dental varían entre las sociedades a lo largo de la historia como resultado de cambios en la dieta, los alimentos básicos adoptados y la disponibilidad de alimentos y subproductos cariogénicos. La papa y el maíz parecen haber sido los cultivos básicos más consumidos en los Andes prehispánicos, pero es altamente probable que el

complejo *Chenopodia* haya sido crucial para la supervivencia de las primeras poblaciones agricultoras que habitaron la cuenca del Titicaca. Investigaciones adicionales en laboratorio proporcionarán mayor información sobre el potencial cariogénico del complejo *Chenopodia* y tubérculos de las tierras altas. El maíz no era un cultivo utilizado como alimento hasta que los Incas lo introdujeron en la dieta regional (Bruno y Whitehead, 2003), pero fue ingerido como chicha desde el Formativo Temprano. La chicha de maíz tiene un bajo potencial cariogénico y deja un patrón específico de lesiones cariosas. Su consumo, junto con la hoja de coca en áreas rituales, es consistente con una mayor prevalencia de caries dental entre los hombres (Pezo y Eggers, 2010). Finalmente, los productos alimenticios cariogénicos adicionales como la miel o frutas podrían haber promovido la caries dental siempre que estuvieran disponibles para consumo.

Con todo, y a manera de conclusiones, el maíz es usualmente visto como el principal promotor cariogénico en la arqueología andina, pero hasta la fecha no se han realizado investigaciones específicas que sustenten esta afirmación. La diversidad medioambiental de los Andes ha determinado variaciones en la dieta de poblaciones asentadas en medios geográficos diferenciados, hecho que produjo variación en los patrones distribucionales de la caries dental. Esta investigación confirma que el consumo de maíz incide en la prevalencia de caries dental, y que la forma de preparación de este alimento es un factor de consideración adicional pues incrementan sus efectos. Se identificó al complejo *Chenopodia* y a los tubérculos nativos como los dos grupos alimenticios básicos ingeridos durante milenios en la cuenca del Titicaca, y debido a esto, probablemente también desempeñaron un rol en la propagación de caries dental entre las sociedades agrícolas. Así como el consumo de coca incide en la propagación de caries dental, es preciso incluir el estudio de otros productos alimenticios no tradicionales como es el caso de las arcillas comestibles. De esta manera se tendrá mayores perspectivas sobre la dieta de poblaciones del pasado y se podrá formular modelos concretos sobre la creación y mantenimiento de redes, sean

Las tasas de caries dental varían entre las sociedades a lo largo de la historia como resultado de cambios en la dieta, los alimentos básicos adoptados y la disponibilidad de alimentos y subproductos cariogénicos.

Los resultados alcanzados también demuestran que el estudio de una enfermedad manifestada en la dentadura humana y preservada relativamente bien en el altiplano se constituya en una línea de evidencia adicional para reconstruir dinámicas sociales del pasado.

sociales o de intercambio, entre grupos poblaciones distintos.

Los resultados alcanzados también demuestran que el estudio de una enfermedad manifestada en la dentadura humana y preservada relativamente bien en el altiplano se constituya en una línea de evidencia adicional para reconstruir dinámicas sociales del pasado. Esto a su vez permite discutir procesos de organización social, política, económica o ritual entre distintos grupos poblacionales. A manera de iniciar un diálogo con respecto a este potencial investigativo, a continuación planteo algunos temas cuyo desarrollo permitirá reconstruir de mejor manera los procesos organizativos desde una perspectiva arqueobiológica. (1) La causa de la caries dental en poblaciones con acceso limitado a alimentos cariogénicos como es el caso de la cuenca del Titicaca y del altiplano en general. (2) Los patrones de consumo de alimentos cariogénicos y sus efectos en grupos poblacionales discretos diferenciados por sexo, edad, origen, o status desde perspectivas interseccionales para ampliar el conocimiento sobre las relaciones sociales en el pasado. (3)

La relación entre las enfermedades dentales y la dieta como nueva línea de evidencia para abordar la segmentación social, la formación de comunidades y el intercambio regional. El estudio de estos tres temas permitirá ampliar el conocimiento sobre las patologías dentales y sus efectos en las sociedades del pasado.

Agradecimientos

Agradezco a Jimena Portugal por la invitación para publicar este artículo en la Revista del Observatorio del Patrimonio Cultural Arqueológico (OPCA) y a los revisores anónimos por sus invaluable aportes.

Referencias bibliográficas

Adler, Christina J., Downey, Keith, Weyrich, Laura S., Kaidonis, John, Walker, Alan W., Haak, W., Bradshaw, Corey J. A., Townsend, Grant, Soltysiak, Arkadiusz, Alt, Kurt W., Parkhill, Julian, y Alan Cooper
2013 Sequencing ancient calcified

dental plaque shows changes in oral microbiota with dietary shifts of the Neolithic and Industrial revolutions. *Nature Genetics* 45(4): 450-455.

Arokiaj, Stephen, Krishnan, Ramesh y Paul Chalakkal

2017 The Association between Cariogenic Factor and the Occurrence of Early Childhood Caries in Children from Salem District of India. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 11(7): 63-66.

Bernal, Valeria, Novellino, Paula, Gonzalez, Paula N. y S. Ivan Perez

2007 Role of Wild Plant Foods Among Late Holocene Hunter-Gatherers from Central and North Patagonia (South America): An Approach from Dental Evidence. *American Journal of Physical Anthropology* 133: 1047-1059.

Berryman, Carrie Anne

2010 *Food, Feasts, and the Construction of Identity and Power in Ancient Tiwanaku: A Bioarchaeological Perspective*. Tesis doctoral no publicada. Nashville: Vanderbilt University.

Blom, Deborah E. y Matthew S. Bandy
1999 Human Remains and Mortuary Analysis. En *Early Settlement at Chiripa, Bolivia. Research of the Taraco Archaeological Project*. Contributions of the University of California Archaeological Research Facility Series, 57, editado por C. A. Hastorf, pp. 117-122. Berkeley: University of California Press.

Browman, David L.

2004 Tierras comestibles de la Cuenca del Titicaca: Geofagia en la prehistoria boliviana. *Estudios Atacameños* 28: 133-141.

Bruno, Maria C.

2006 A morphological approach to documenting the domestication of Chenopodium in the Andes. En *Documenting domestication: New genetic and archaeological paradigms*, editado por M. Zeder, D. Bradley, E. Emshwiller y B.D. Smith, pp. 32-45. Berkeley: University of California Press.

Bruno, Maria C. y William T. Whitehead
2003 Chenopodium Cultivation and Formative Period Agriculture at Chiripa,

- Bolivia. *Latin American Antiquity* 14(3): 339-355.
- Bruno, María C., Pinto, Milton y Wilfredo Rojas 2018 Identifying Domesticated and Wild Kañawa (*Chenopodium pallidicaule*) in the Archeobotanical Record of the Lake Titicaca Basin of the Andes. *Economic Botany* 72(2): 137-149.
- Buzon, Michele R., Conlee, Christina A., Simonetti, Antonio y Gabriel J. Bowen 2012 The Consequences of War contact in the Nasca region during the Middle Horizon: archaeological, skeletal, and isotopic evidence. *Journal of Archaeological Science* 39, 2627-2636.
- Cucina, Andrea, Perera Cantillo, Cristina, Sierra Sosa, Thelma y Vera Tiesler 2011 Carious Lesions and Maize Consumption Among the Prehispanic Maya: An Analysis of a Coastal Community in Northern Yucatan. *American Journal of Physical Anthropology* 145: 560-567.
- Cutler, Hugh C. 1954 Food Sources in the New World. *Agricultural History* 28(2): 43-49.
- Edelstein, Burton L. 2006 The Dental Caries Pandemic and Disparities Problems. *BMC Oral Health* 6(1): S2, doi:10.1186/1472-6831-6-S1-S2
- Erickson, Clark L. 2000 The Lake Titicaca Basin: A Pre-columbian Built Landscape. En *Imperfect Balance: Landscape Transformations in the Pre-Columbian Americas*, editado por D. L. Lentz, pp. 311-356. New York: Columbia University Press.
- FONAMA 1998 *Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces Bolivianos conservados en el Banco de Germoplasma del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani*. Cochabamba: FONAMA.
- Gagnon, Celeste Marie, Billman, Brian R., Carcelén, José y Karl J. Reinhard 2013 Tracking shifts in coca use in the Moche Valley: Analysis of oral health indicators and dental calculus microfossils. *Ñawpa Pacha* 33(2): 193-214.
- Haas, W. Randall Jr. y Carlos Viviana Llave 2015 Hunter-gatherers on the eve of agriculture: Investigations at Soro Mik'aya Patjxa, Lake Titicaca Basin, Peru, 8000-6700 BP. *Antiquity* 89(348): 1297-1312.
- Hubbe, Mark, Torres-Rouff, Christina, Neves, Walter Alves, King, Laura M., Da-Gloria, Pedro y María Antonietta Costa 2012 Dental Health in Northern Chile's Atacama Oases: Evaluating the Middle Horizon (AD 500-1000) Impact on Local Diet. *American Journal of Physical Anthropology* 148: 62-72.
- Indriati, Etty y Jane E. Buikstra 2001 Coca Chewing in Prehistoric Coastal Peru: Dental Evidence. *American Journal of Physical Anthropology* 114: 242-257.
- INS - Instituto Nacional de Salud 2009 *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Lima: Ministerio de Salud del Perú.
- Juengst, Sarah L. 2015 *Community and ritual on the Copacabana Peninsula (800 BC - AD 200)*. Tesis doctoral no publicada. Chapel Hill: University of North Carolina at Chapel Hill.
- Juengst, Sarah. L. y Maeve Skidmore 2016 Health at the Edge of the Wari Empire: An Analysis of Skeletal Remains from Hatun Cotuyoc, Huaro, Peru. *Andean Past* 12: 101-131.
- Klaus, Haagen D., Centurion, Jorge y Manuel Curo 2010 Bioarchaeology of human sacrifice: Violence, identity and the evolution of ritual killing at Cerro Cerrillos, Peru. *Antiquity* 84: 1102-1122.
- Larsen, Clark Spenser 1995 Biological changes in human populations with Agriculture. *Annual Review of Anthropology* 24: 185-213.
- Larsen, Clark Spencer, Shavit, Rebecca y Marc C. Griffin 1991 Dental caries evidence for dietary change: An archaeological context. En *Advances in Dental Anthropology*, editado por M. Kelley y C. Larsen, pp.

- 179–202. New York: Wiley-Liss.
- Lingström, Peter, van Houte, J y Shelby Kashket
2000 Food Starches and Dental Caries. *Critical Review of Oral Biology and Medicine* 11(3), 366-380.
- Logan, Amanda L., Hastorf, Christine A. y Deborah M. Pearsall
2012 Let's drink together: Early Ceremonial use of Maize in the Titicaca Basin. *Latin American Antiquity* 23(3): 235-258.
- Lukacs, John R.
Lukacs, John R. y Leah L. Largaespada
2006 Explaining Sex Differences in Dental Caries Prevalence: Saliva, Hormones, and "Life-History" Etiologies. *American Journal of Human Biology* 18: 540-555.
- McCollum, Elmer V.
1941 Diet in relation to Dental Caries. *Nature* 147: 104-108.
- Moore, Katherine M., Steadman, David y Susan DeFrance
1999 Herds, Fish, and Fowl in the Domestic and Ritual Economy of Formative Chiripa. En *Early Settlement at Chiripa, Bolivia. Research of the Taraco Archaeological Project*. Contributions of the University of California Archaeological Research Facility Series, 57, editado por C. A. Hastorf, pp. 105-116. Berkeley: University of California Press.
- Pezo-Lanfranco, Luis y Sabine Eggers
2010 The Usefulness of Caries Frequency, Depth, and Location in Determining Cariogenicity and Past Subsistence: A Test on Early and Later Agriculturalists from the Peruvian Coast. *American Journal of Physical Anthropology* 143: 75-91.
- Pezo-Lanfranco, Luis, Peralta, Arturo, Guillen, Sonia y Sabine Eggers
2017 Oral pathology patterns in late farmers of the Central Andes: A comparative perspective between coastal and highland populations. *HOMO Journal of Comparative Human Biology* 68: 343-361.
- Rebelo Vieira, Janete Maria, Rebelo, Maria Augusta Bessa y Jaime A. Cury
2002 Evaluation of the Cariogenic Potential of Cassava Flours from the Amazonian Region, *Caries Research* 36(6): 417-422.
- Roberts, Charlotte y Keith Manchester
2005 *The Archaeology of Disease*. Tercera Edición. Great Britain: Sutton Publishing.
- Turner, Christy G. II.
1978 Dental Caries and Early Ecuadorian Agriculture. *American Antiquity* 43(4): 694-697.
- Turner, Bethany L.
2015 Interpreting Oral Pathology at Machu Picchu, Peru. *International Journal of Osteoarchaeology* 25: 502-514.
- Watson, James T. y Randall Haas
2017 Dental evidence for wild tuber processing among Titicaca Basin foragers 7000 ybp. *American Journal of Physical Anthropology* 164: 117-130.
- Whitehead, William T.
1999 Paleoethnobotanical Evidence. En *Early Settlement at Chiripa, Bolivia. Research of the Taraco Archaeological Project*. Contributions of the University of California Archaeological Research Facility Series, 57, editado por C. A. Hastorf, pp. 95-103. Berkeley: University of California Press.
- Whitehead, William T.
2006 Redefining Plant Use at the Formative Site of Chiripa in the Southern Titicaca Basin. En *Andean Archaeology III. North and South*, editado por W. H. Isbell y H. Silverman, pp. 258-278. New York: Springer.
- Zero, Domenick T., Fontana, M., Martínez-Mier, E. Angeles, Ferreira-Zandona, Andréa, Ando, Masatoshi, González Cabrera, Carlos y Stephen Bayne
2009 The biology, prevention, diagnosis and treatment of dental caries. *Scientific advances in the United States. Journal of the American Dental Association* 140: 25S-34S.