

Diversidad ecológica del microbioma de la cavidad oral humana en comunidades prehispánicas*

Lozano Urbina, Anabel 

Posgrado de Ecología, Facultad de Ciencias
Universidad Central de Venezuela

Correo electrónico: lozanobel7@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo plantea un modelo teórico conceptual, elaborado mediante una revisión bibliográfica para describir los posibles factores, procesos y mecanismos que explican la estructura y dinámica del microbioma de la cavidad oral en el ser humano de acuerdo a las hipótesis y teorías de la ecología de comunidades, en un contexto prehispánico mediante tres casos de estudio.

PALABRAS CLAVE: Microbioma oral, comunidad local, interacciones, bioarqueología, ecología.

ECOLOGICAL DIVERSITY OF THE HUMAN ORAL CAVITY MICROBIOME IN PREHISPANIC COMMUNITIES

ABSTRACT

This paper proposes a conceptual theoretical model, developed through a literature review to describe the possible factors, processes, and mechanisms that explain the structure and dynamics of the oral cavity microbiome in humans according to the hypotheses and theories of community ecology, in a pre-Hispanic context through three case studies.

KEY WORDS: Oral microbiome, local community, interactions, bioarchaeology, ecology.

*Fecha de recepción: 02-02-2025. Fecha de aceptación: 14-05-2025.

1. INTRODUCCIÓN

El microbioma es una comunidad de microorganismos con sus características: «El microbioma se refiere a la población total de microorganismos con sus genes y metabolitos que colonizan el cuerpo humano, incluyendo el tracto gastrointestinal, el genitourinario, la cavidad oral, la nasofaringe, el tracto respiratorio y la piel» (Icaza, 2013, p. 241). La colonización de los microorganismos en el cuerpo humano se comprende como una distribución de diferentes especies que son clave para el desarrollo del sistema inmunitario y la homeostasis del individuo.

El microbioma compuesto por una colección de microorganismos que viven juntos, es un ensamblaje multiespecie de organismos que interactúan continuamente con su ambiente, con características fisicoquímicas propias que originan un conjunto de actividades específicas, lo que permite que el microbioma sea postulado como una comunidad de microbios con distintas propiedades, funciones e interacciones en su ambiente que resulta en la formación de nichos ecológicos particulares (Berg et al., 2020). En el contexto ecológico, el microbioma es una comunidad donde se observa el comensalismo, es simbiótica y se presentan microorganismos que son patógenos para el cuerpo, en un mismo ambiente.

Por lo tanto, el microbioma en el ser humano se caracteriza por ser una comunidad ampliamente diferenciada, que incluye especies nativas que habitan permanentemente y otros microbios que habitan transitoriamente en la cavidad oral, de esta forma el microbioma se compone de organismos pertenecientes a los dominios de la vida *Archaea* y *Eukarya* (Hongos y Protozoos) y virus, incluidos los bacteriófagos (Marcano, Lima, Medina, Schmitt, Da Silva, Schüler y Bortolini, 2023). Al describirlo como una comunidad local, se identifican una serie de interacciones que van desde el comensalismo y mutualismo hasta la depredación y parasitismo, formando una red de estructura compleja, siendo

la estabilidad y resiliencia una perturbación que depende de la simetría e intensidad entre las interacciones.

Una pregunta que emerge al estudiar este modelo es la posibilidad de buscar explicaciones a la compleja dinámica del microbioma a través de la teoría de metacomunidades, la cual podría ser utilizada como un enfoque para entender los procesos asociados a la coexistencia y a la pérdida de las especies localizadas en la cavidad oral humana. La investigación puede orientar a los procesos de salud y enfermedad, higiene y dieta de una población humana en un tiempo determinado, en particular cuando se trabaja con contextos de un tiempo remoto catalogándolo como prehispanico (desde aproximadamente 14.000 años hasta 1492), las muestras de estudios se construyen a partir de dientes antiguos encontrados en yacimientos arqueológicos que pueden tener una vieja data, ya que se establecen antes de la llegada de los españoles en tiempos donde el continente americano era habitado por comunidades indígenas.

Mediante la composición y estructura del microbioma de la cavidad oral humana, se entrelazan las teorías postuladas desde la ecología de comunidades, analizando información a partir de fuentes documentales que sean de orientadores teóricos para consolidar contenido relevante en el estudio de las poblaciones humanas del pasado, en materia de higiene, salud y enfermedad, dieta y posible distribución geográfica.

El análisis de los restos humanos, ya sean materiales culturales y/o biológicos como huesos y dientes, permite construir una base de datos para armar un registro arqueológico de las comunidades humanas del pasado, más aún en un período como el prehispanico que puede ser constatado mediante los restos rescatados en yacimientos arqueológicos, aplicando técnicas y métodos propios de esta disciplina y de la bioarqueología, como ciencia que estudia los restos biológicos humanos en contextos arqueológicos funerarios.

Se plantea la revisión bibliográfica para describir los

posibles factores, procesos y mecanismos que expliquen la estructura y la dinámica del microbioma de la cavidad oral humana en comunidades prehispánicas de acuerdo a las hipótesis y teorías de la ecología de comunidades, que permitan analizar con un criterio lógico y coherente en las interrelaciones que se muestran en ese contexto, permitiendo conocer la salud y dieta de antiguos pobladores.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

a) Teoría neutral en metacomunidades

El concepto de metacomunidad es esencialmente un conjunto de comunidades locales que se enlazan por dispersión, de acuerdo a Hubbell (2001), la metacomunidad se describe como la unidad biogeográfica que es abierta y sistemática, contiene muchas especies de origen autóctono, que persisten y se extinguen, además de competir en un área local (Soto, Badii, Guillen, Acuña, Abreu, 2019). En una metacomunidad la coexistencia es a una escala mayor, las interacciones producidas reflejan patrones de existencia y dispersión entre las diferentes comunidades, si existe o no una afectación por factores locales (Cottenie y De Meester, 2004).

La teoría neutral postula que las diferentes especies son idénticas en rasgos ecológicos, de forma que el orden entre ellas no ocurre de forma determinista, ciertamente se basa en la dinámica que surge cuando las especies tienen una inclinación neta de cero en crecimiento y los vectores de impacto son idénticos, por lo que las dinámicas son impulsadas por los procesos de deriva estocásticos y no por el ordenamiento ecológico.

En la teoría de Hubbell (2006) se describen dos razones para explicar la alta diversidad de las especies en algunas zonas, que no amerite la exclusión competitiva como única respuesta. Primero, la combinación de limitación de dispersión y reclutamiento bajo, son mecanismos que previenen la exclusión competitiva entre especies que comparten rasgos evolutivos similares y permiten la adaptación a las condiciones del ambiente.

Segundo, la heterogeneidad de microambientes es debido a factores bióticos y abióticos.

Por lo tanto, la teoría neutral propone los siguientes parámetros: tamaño de la comunidad local, tasa de especiación, tasa de dispersión o migración. Dentro de los parámetros mencionados supone: especiación neutral, donde la funcionalidad de la comunidad es uniforme sin importar las diferencias entre individuos o especies; constantes recursos y tamaño de la comunidad; presencia de la teoría estocástica donde se rige la natalidad, mortalidad, dispersión y especiación, que es a nivel de los individuos; postulados de la deriva ecológica (Hubbell, 2006).

Con ello, el autor concreta que las especies poseen equivalencia al convertirse en generalistas y no especialistas en nichos que permiten altos niveles de polimorfismo genético. A su vez, los factores que limitan la dispersión y el reclutamiento en la comunidad pueden producir condiciones ecológicas que dan paso a la evolución de especies.

La teoría es aplicable en el estudio actual de comunidades para entender el balance que existe en la especiación de una metacomunidad o la colonización de una comunidad local, aportando explicaciones en caso de que no se visualice una competición exclusiva aparente en una comunidad (Guzmán et al., 2018), donde el concepto de nicho nos dé respuesta a una comunidad con una alta tasa de especiación y el recurso es aparentemente ilimitado.

La teoría también da respuesta a casos que tienen relación con la genética de poblaciones, entrelazando la historia de vida o evolución de las especies para dar una respuesta concreta para la coexistencia entre especies.

b) Análisis bioarqueológico y antropología dental

A finales de la década de los 50 y en el transcurso de los 60, se complementan dos visiones de la antropología: arqueología y antropología física, con el propósito de analizar los restos óseos y dentales (que son, en conjunto, unidades biológicas del ser

humano) que se localizan en excavaciones arqueológicas. Esta nueva perspectiva se desprende del tratamiento teórico por el cual estaba transitando la antropología física: la adaptación del hombre a los ambientes en un sentido biológico y la incursión metodológica y sistemática de la arqueología procesual en el registro arqueológico en un sentido regional (Armelagos y Van Gerven, 2003; Buikstra, 2006).

De esta forma, la bioarqueología puede construir y desarrollar modelos teóricos que proporcionen una comprensión del individuo bioculturalmente, a través de la flexibilidad del factor biológico (huesos o dientes), correspondiendo a una nueva aproximación del pasado de un individuo o comunidad.

La impresión de un enlace sobre estudios que integren categorías de análisis complementarias para entender los procesos sociales y culturales, y que a su vez trabajen con los aspectos biológicos de individuos de nuestra especie, es la tarea que se ha propuesto la bioarqueología, sus teorías son otro crisol en la comprensión del fenómeno humano.

La presentación analítica de la bioarqueología es guiada por tres principios o niveles principales: (1) una perspectiva poblacional, (2) un reconocimiento de la cultura como una fuerza ambiental que afecta e interactúa a la adaptación biológica y (3) un método para probar alternativas hipotéticas que involucran la interacción entre las dimensiones biológicas y culturales para la adaptación (Armelagos y Van Gerven, 2003).

Desde diferentes miradas y con nuevos enfoques la bioarqueología juega el papel de estrechar el cerco sobre los mitos referidos al estudio de los restos esqueléticos, ya que, de cierta forma irrumpe con la recolección descriptiva de los datos, para profundizar en la creación de posibles discursos que expliquen: la interrelación del hombre con su ambiente en el pasado, una teoría ecologista; los procesos de salud y enfermedad, abarcando descripciones sobre técnicas terapéuticas que se implementaban de acuerdo al sistema social; los patrones y conductas alimentarias

que fungen para la construcción de una evaluación nutricional de la población; concretar planteamientos sobre la evolución humana (Goodman, Thomas, Swedlund, Armelagos, 1988; Goodman, 1993; Larsen, 1997; Armelagos y Van Gerven, 2003; Buikstra, 2006).

En síntesis, fomentar un corpus teórico que complemente las nociones que se poseen de las sociedades del pasado y adjudicar el entendimiento holístico de una población. De esta manera, la bioarqueología se planta junto con otras disciplinas (paleopatología, paleodemografía, paleoepidemiología, paleoecología, paleoantropología, entre otras), en la interpretación de las comunidades pretéritas (Hoppa y Vaupel, 2002; Waldron, 2009; Saracci, 2010). Es por ello que se le caracteriza como una actividad científica transdisciplinaria.

A su vez, la antropología dental es una rama de la antropología física que se especializa en el estudio de la variabilidad humana en el complejo dental. Del mismo modo que las especialidades que se encargan de los restos óseos, trata de comprender y abarcar la morfología del conjunto dental humano. Identifica y estima las variables biológicas generales del ser humano: edad, sexo, afiliación racial, patologías y elementos particularizantes (Cucina, 2011).

Las evaluaciones se realizan macroscópica y microscópicamente, a través de la observación de las piezas dentales, odontometría y radioimagenología, para la comprobación de los elementos de identificación de patologías o estimación de la edad, sexo y ancestría. Además, puede dar o crear teorías fundamentadas en la dieta de una población o grupo humano, el estado de salud y enfermedad, los patrones de comportamiento, las relaciones económicas e incursiones en la movilidad humana (Cucina, 2011).

c) Microbioma de la cavidad oral

El microbioma humano se puede observar en varios niveles de escalas espaciales. La información recopilada en cada

escala puede informar a las demás: comunidades microbianas (por ejemplo, en lengua, íleon o axila), hábitats corporales (ejemplo: cavidad oral) y entre individuos (Maurice y Turnbaugh, 2013).

La composición del hábitat microbiano se describe como patrones que se repiten en distintos individuos, por lo que se plantea que los estados propios de la cavidad oral lo conforman microorganismos que se encuentran en simbiosis entre los distintos elementos de la comunidad. Esto es probable que sea determinado por las redes metabólicas propias del sitio, como las rutas y procesos que se llevan a cabo por los microbios presentes en la cavidad bucal (fermentación de carbohidratos, descomposición de proteínas, desconjunción de lípidos, etc.). Dichas interacciones detallan la estabilidad y resiliencia de la microbiota que está sujeta a fluctuaciones, ya sea por los condicionantes de la dieta, por el área geográfica donde se encuentre el individuo o por patógenos externos (Álvarez, Fernández, Guarner, Gueimonde, Rodríguez, Saenz, Sanz, 2021).

Las comunidades microbianas que habitan establemente un nicho viven en un estado de equilibrio que se caracteriza por la abundancia de especies que tienen una relación de comensalismo y mutualismo con el hospedador, de modo que tanto el hospedador como sus huéspedes se ven beneficiados por la simbiosis. Esta situación se conoce como «eubiosis». En contraste, el término «disbiosis» define un desequilibrio que implica perturbación del estado de simbiosis y se reconoce por cambios cualitativos y/o cuantitativos en la composición y funciones de la microbiota (Álvarez et al., 2021, p. 524).

Si bien la microbiota consiste en el ensamblaje de microorganismos diferentes como bacterias, arqueas, protozoos, hongos y algas, que se compaginan para cumplir sus funciones, también se incluyen elementos de movilidad genética (virus y fagos), metabolitos y otras estructuras que forman parte de las

condiciones ambientales del hábitat (Berg et al., 2020).

Los mecanismos para que ocurran los procesos dentro de la comunidad se basan en la eficiencia del consumo de los recursos, lo que mantiene la estructura trófica (red) funcional de la comunidad y describe la presencia de la interacción entre las especies que habitan este nicho.

Las mucosas bucales y palatinas son áreas con una baja diversidad de microbios, es la lengua el sitio que está altamente colonizada por organismos diversos por tener lugares anaeróbicos, albergando una microbiota amplia (Sultan, Kong, Rizk, Jabra-Rizk, 2018). En la cavidad también se encuentran los dientes, estructuras que acumulan grandes masas de microbios que se agrupan en forma de biopelículas conocidas como placas. Los anaerobios obligados, como *Porphyromonas*, *Fusobacterium*, *Prevotella* y *Treponema*, residen principalmente en grietas gingivales o bolsas periodontales donde el ambiente es anaeróbico.

Las interacciones dentro de las comunidades microbianas de especies mixtas pueden ser sinérgicas en el sentido de que la presencia de un microorganismo genera un nicho para otro y un producto secretado por una especie sirve como nutriente para otra. Aunque la alimentación cruzada entre los residentes microbianos puede ser mutuamente beneficiosa, la actividad metabólica microbiana puede modificar el entorno oral e inducir la selección microbiana a crecer (Sultan et al., 2018).

Dado que la mucosa oral proporciona un nicho favorable para muchas especies microbianas, la inmunidad del huésped tiene la responsabilidad de diferenciar el patógeno del comensal. La colonización en sí misma es un estado inofensivo, no obstante, el hecho de que, bajo ciertas condiciones, algunos residentes microbianos puedan volverse patógenos presenta un dilema para la inmunidad oral porque la pregunta ya no es cómo diferenciar a un amigo de un enemigo, sino más bien cómo determinar cuándo un amigo se convierte en enemigo (Sultan et al., 2018).

Si bien los microorganismos orales existen en una capacidad simbiótica, manteniendo relaciones con el huésped

basadas en beneficios mutuos, algunos pueden hacer la transición a patógenos cuando rompen la barrera del comensalismo, causando la interrupción de la homeostasis oral o «disbiosis» (Sultan et al., 2018).

En el caso de las enfermedades bucales como la caries, que surgen como resultado de un cambio en la proporción de ciertas especies con mayor potencial patógeno dentro de la microbiota autóctona. Este cambio en la microbiota «comensal» se acompaña de una alteración de la homeostasis inmunitaria del huésped y del desarrollo de una respuesta inflamatoria. Por lo tanto, es la prevalencia de una cierta combinación de especies microbianas junto con la incapacidad del huésped para contener su proliferación lo que es más indicativo (Sultan et al., 2018).

Los microambientes dentro de la boca, como los dientes, la lengua, las mejillas y las encías, ofrecen diferentes propiedades físicas y químicas a las comunicaciones microbianas. Las diferentes propiedades asociadas con los diferentes entornos dentro de la boca, como el flujo salival y las superficies de desprendimiento frente a las que no se desprenden (como las paredes laterales de la cavidad oral frente a los dientes), actúan como fuerzas selectivas que permiten que ciertas especies o comuniones de bacterias se colonicen más fácilmente (Dahlquist-Axe, Standeven, Speller, Tedder, Meehan, 2023).

En las superficies de los dientes, las bacterias pueden formar una biopelícula que, si no se elimina, puede mineralizarse y convertirse en cálculo dental. Diferentes especies de bacterias dentro de la misma comunidad trabajan juntas de forma simbiótica para establecer o mejorar la colonización de varias superficies dentro de la cavidad oral. Dado que las diferentes especies de bacterias prosperan en diferentes condiciones ricas en nutrientes, se espera que algunas especies dominen, mientras que otras disminuyen y viceversa, dependiendo de la disponibilidad de nutrientes en la cavidad bucal. Los carbohidratos, y específicamente los azúcares, suministran a muchas especies patógenas de bacterias orales los nutrientes necesarios para establecer la colonización y prosperar

(Dahlquist-Axe et al., 2023).

Las bacterias causantes de enfermedades en la cavidad bucal varían mucho, un pequeño número de las especies más predominantes identificadas en asociación con la formación de biopelículas y/o caries y en la forma y progresión de la caries, incluyen *Streptococcus mutans*, *Veillonella dispar* y *Actinomyces gerencseriae*. Las bacterias asociadas con la salud bucal, como *Streptococcus mitis*, tienen más éxito en un entorno bajo en azúcares en la dieta (Sedghi, DiMassa, Harrington, Lynch, Kapila, 2021).

Los factores genéticos, conductuales y ambientales también contribuyen a determinar qué especies bacterianas colonizarán con éxito la cavidad oral. Las fuerzas selectivas dentro de la cavidad oral, como el flujo salival y la adhesión, la excreción y la colonización y la interacción entre el huésped y el microbio, ejercen presiones selectivas sobre las colonias microbianas. Estas fuerzas han creado subgrupos específicos de hábitat de especies bacterianas cuyos genomas muestran adaptación a nichos minúsculos dentro de la cavidad oral (Dahlquist-Axe et al., 2023).

Las bacterias pueden trabajar juntas como una comunidad diversa para detectar y reaccionar a los estímulos externos, lo que puede beneficiar a la comunidad en su conjunto, incluso si ciertos miembros de la comunidad se ven perjudicados en el proceso. En el microbioma oral, es más probable que las comunidades bacterianas recluten una nueva especie si aún no se incluye en la comunidad un pariente cercano de esa especie. Esto sugiere una competencia entre especies estrechamente relacionadas y una selección a nivel de comunidad para la diversidad en las comunicaciones bacterianas orales, lo que significa que es más probable que las especies de diferentes géneros se encuentren dentro de la misma comunidad oral (Dahlquist-Axe et al., 2023).

Para que una comunidad bacteriana prospere, los miembros de la comunidad deben realizar una variedad de funciones (Dahlquist-Axe et al., 2023), por lo que los cambios ambientales que impulsan la pérdida o ganancia de especies requieren una

respuesta de la comunidad en su conjunto (Figura 1).

La microbiota oral influye en la salud y el bienestar humano y viceversa, específicamente en las interacciones entre los microorganismos y el sistema inmunitario e inflamatorio. Las respuestas del anfitrión están intrincadamente correlacionadas y pueden ser afectados por los factores antropogénicos, las condiciones ambientales y los factores genéticos. Como resultado se pueden desarrollar enfermedades que conducen a situaciones agudas. Además de una mala salud bucal da como resultado dolor debilitante, interacciones sociales limitadas, dificultades para comer y hablar y una pérdida de la calidad de vida (Marcano et al., 2023).

Desde una perspectiva evolutiva, la microbiota ofrece ejemplos fascinantes de la coevolución de miles de microorganismos y el huésped homínido *Homo sapiens* (Marcano et al., 2023).

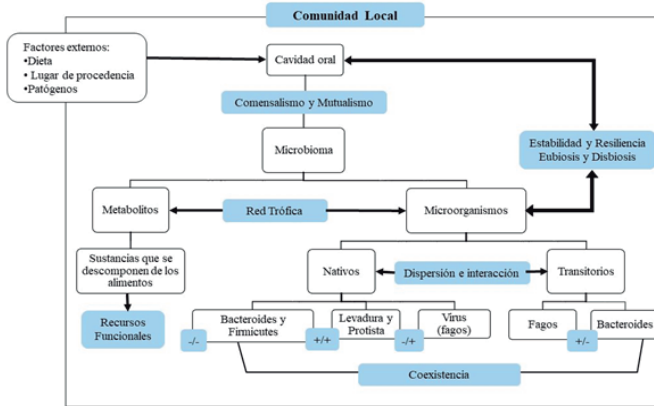


Figura 1. Modelo de comunidad local en la cavidad oral humana. Descripción de las interacciones ecológicas presentes en la cavidad oral humana, presentando los factores externos que pueden causar efectos en el microbioma y su función como red trófica que se genera a partir de los microorganismos y el hábitat. Las categorías que indican términos ecológicos (cuadros azules claros) señalan el papel que se cumple en la cavidad oral como comunidad local. Los símbolos positivos y negativos representan relaciones interespecíficas: (-/-) competencia; (+/+) mutualismo; (+/-), (-/+) depredación y parasitismo. Fuente: elaboración propia, 2024.

3. ESTUDIOS SOBRE LA CAVIDAD ORAL HUMANA EN CONTEXTO PREHISPÁNICO

a) Presencia de enfermedades dentales (periodontitis) en contextos prehispánicos

La evidencia paleopatológica (restos óseos) y las descripciones etnohistóricas (fuentes documentales) han servido tradicionalmente como las principales fuentes para comprender la salud de las sociedades humanas en el pasado. Proporcionan abundante información sobre el contexto humano de las enfermedades y la variación espacio-temporal que afecta su dinámica. Con el avance tecnológico, actualmente se incluyen otros métodos como el uso de herramientas biomoleculares (recuperación y el análisis del ADN antiguo), que proporcionan nuevas fuentes de evidencia para comprender los entornos de enfermedades en el pasado (Bravo-López et al., 2020).

Entre una de las enfermedades de la cavidad oral que se han observado en contextos del pasado se considera a la periodontitis (también conocida como enfermedad periodontal), la cual es un tipo grave de infección oral que puede causar daños importantes en el hueso alveolar. La manifestación de esta afección es el resultado de diferentes complejos bacterianos en el medio bucal. El más patógeno es el «complejo rojo», que incluye las bacterias gramnegativas *Treponema denticola*, *Porphyromonas gingivalis* y *Tannerella forsythia*. Estas bacterias actúan en sinergia, ocasionando destrucción en el hueso alveolar y de tejidos blandos, lo que en última instancia puede conducir a la pérdida de piezas dentales (Bravo-López et al., 2020).

Además, las bacterias producen endotoxinas que pueden causar condiciones de salud sistémicas como trastornos vasculares e infecciones del tracto respiratorio. En particular, *T. forsythia* se identifica como el principal contribuyente al desarrollo de la periodontitis, ya que es el único miembro del «complejo rojo» con una capa S glicosilada distintiva que promueve la adherencia a las

superficies de las células gingivales del huésped y la atenuación de la respuesta inmune (Bravo-López et al., 2020).

En el estudio titulado como «Paleogenomic insights into the red complex bacteria *Tannerella forsythia* in Pre-Hispanic and Colonial individuals from Mexico» se seleccionó una muestra de 53 dientes, cuatro presentaban cálculo dental; 20 piezas pertenecen a individuos prehispánicos (540 a.C.-1519 d.C.) de los actuales estados de Guanajuato, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz y 33 dientes a individuos coloniales de la Ciudad de México y Querétaro. Bravo-López et al. (2020) identificaron bacterias del «complejo rojo» (*T. forsythia*, *P. gingivalis* y *T. denticola*) en siete individuos prehispánicos y cinco coloniales de México.

Este estudio proporciona la primera descripción de los patrones evolutivos en la bacteria del «complejo rojo» *T. forsythia* mediante el aprovechamiento de datos genómicos antiguos. La identificación de este patógeno en individuos prehispánicos de México es indicativa de la relación de larga data entre *T. forsythia* y su huésped humano. Esta observación es congruente con la hipótesis de la placa ecológica, que propone que, si bien ciertos patógenos orales, como *T. forsythia*, podrían encontrarse en el cálculo dental como un miembro inocuo del microbioma, su presencia en la dentina podría ser un reflejo de un proceso infeccioso que involucra la enfermedad periodontal, siendo clave para entender la presencia de esta bacteria en la cavidad oral en contextos antiguos de las sociedades humanas, permitiendo establecer una línea temporal de la situación patológica en el pasado con respecto a enfermedades bucales (Bravo-López et al., 2020).

En el análisis filogenético se reveló que existe una marcada diferencia entre la población prehispánica y la secuencia encontrada en la muestra colonial de *T. forsythia*, demostrando que en los grupos coloniales se observa una separación relacionada con la afiliación racial (presencia de europeos en las comunidades humanas durante la época colonial), esta separación por períodos

permite inferir sobre la dinámica del microorganismo *T. forsythia* indicando una clasificación de cepa en dos épocas distintas y su posible afectación en la cavidad oral (Bravo-López et al., 2020).

b) La dieta en pobladores prehispánicos

El consumo de azúcares en América prehispánica ocurrió por medio de carbohidratos no domesticados como tubérculos silvestres, fruta de algarrobo, maíz y miel. El tipo de azúcar que se extrae de estos alimentos es la sacarosa, esta última y el almidón son agrupados como carbohidratos, por lo tanto, pueden ser catalogados como propensos a producir caries. El almidón puede afectar a los dientes dependiendo del tipo de alimento ingerido, por su preparación o por la combinación con diferentes alimentos ocasionando problemas dentales. En cuanto a la preparación de los alimentos puede influir las bajas o altas temperaturas en la aparición de enfermedades como las caries, a mayor temperatura más probabilidad existe de presentar caries (Chávez, 2023).

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 (Chávez, 2023, p. 21).

De acuerdo al trabajo titulado «Evaluación de los alimentos con potencial cariogénico en la dieta de los primeros agricultores que habitaron la cuenca del Titicaca», se propone que el maíz es un alimento con una alta concentración de carbohidratos y es uno de los principales responsables de la caries dental durante el período prehispánico en los Andes. «El maíz es rico 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» (Chávez, 2023, p. 22).

Las poblaciones preagrícolas no tenían acceso al maíz, pero tenían una dieta rica en proteínas obtenidas de la carne y otros alimentos complementarios. Las primeras sociedades agrícolas cultivan el maíz, pero era limitado, además de una dieta diversificada, fundamentada en el intercambio que existía con otras comunidades. Revisar la información sobre la formación de la caries y la disponibilidad de alimentos en el sitio de estudio (cuenca Titicaca, en los Andes centrales de Perú y Bolivia) denota que la variación en las dietas locales produjo diferentes efectos en los dientes. El desgaste dental era común entre las sociedades preagrícolas, pero en las sociedades agrícolas el problema era la caries dental (Chávez, 2023).

La papa y el maíz parecen haber sido los cultivos básicos más consumidos en los Andes prehispánicos, los resultados obtenidos demuestran que una enfermedad manifestada en la dentadura humana dependía del consumo de ciertos alimentos, en este sitio era causado por la ingesta de maíz y otros tubérculos con altos índices de sacarosa y almidón (Chávez, 2023).

c) Estilo de vida y patrón de consumo en contexto prehispánico

Para las investigaciones que tienen como propósito describir los patrones de consumo y la caracterización de los estilos de vida de una sociedad en períodos prehispánicos tienen como basamento los hallazgos en contextos arqueológicos y escritos documentales realizados por pioneros en etnografía. Al presentar una tipología sobre los productos que consume una sociedad, se puede relacionar con el sistema económico, inferir sobre el estilo de vida y en definitiva hablar de la cotidianidad del grupo.

Con base a los restos de cultura material y a los restos óseos y dentales, se pueden analizar diferentes variables que son consistentes a la esfera biológica y cultural de una sociedad, dependiendo del estado de conservación de los restos y las pruebas que se puedan aplicar para la asignación de variables biológicas y la descripción de elementos culturales. Siendo así, se presenta el estudio «Living and dying as subjects of the Inca Empire: adult diet and health at Puruchuco-Huaquerones, Peru», realizado por Williams y Murphy (2013) con el objetivo de evaluar la dieta, la salud y la enfermedad de una muestra de restos humanos del cementerio Horizonte Tardío de Puruchuco-Huaquerones, Perú. En concreto, examinar y analizar los datos osteológicos, dentales y de isótopos estables de 162 individuos para investigar si la población del período incaico en Puruchuco-Huaquerones experimentó deficiencias dietéticas y mala salud bajo las políticas imperiales de los incas.

De los 162 individuos, se consideraron 90 esqueletos, que poseían al menos cuatro piezas dentales para el estudio, por lo que se evaluaron 2101 dientes y 2832 alvéolos; estableciendo la presencia de caries y otras lesiones infecciosas. Se observó que las patologías dentales tenían una representación significativa según sexo, mayor en masculinos que en femeninos. En cuanto a los datos recolectados por la aplicación de isótopos estables resultó que los individuos con una frecuencia cariogénica de hasta 40 % estaban enriquecidos con carbono 13 (^{13}C) en relación con los individuos con una frecuencia superior de caries. Mientras que, individuos con dos o menos lesiones dentales presentaron un empobrecimiento de ^{13}C con respecto a aquellos con tres o más lesiones dentales. Esto permite inferir sobre el tipo de dieta consumida, ya que, los individuos que se enriquecieron con ^{13}C tenían una ingesta de alimentos como granos, tubérculos, gramíneas y semillas.

En el estudio de Williams y Murphy (2013) se prueba la hipótesis nula de que la administración inca del valle del Rímac

tuvo un impacto medible en la dieta local y la salud de las personas. Los datos de isótopos estables de carbono y nitrógeno del colágeno óseo y de la apatita ósea, además de los datos de patología dental, fueron consistentes con una dieta que incorporaba una variedad de alimentos, tanto animales como plantas, en el sitio Puruchuco-Huaquerones. Este tipo de dieta era lo suficientemente nutritiva (es decir, vitaminas, minerales y macronutrientes) para mantener la vida y satisfacer las demandas nutricionales del cuerpo durante el crecimiento, el desarrollo, el embarazo y la lactancia.

Además, los datos de isótopos sugirieron que los habitantes locales se beneficiaron de las estrategias incas, aumentaron la diversidad y una adecuación nutricional de la dieta. Si las personas sufrían de una mala nutrición, probablemente se debía a una insuficiente ingesta calórica, en lugar de la adecuación general de su dieta. Por lo que, en la investigación realizada se observa que existió un déficit nutricional durante la ocupación del imperio Inca en este sitio, dando como resultado un cambio en el estilo de vida orientado a las políticas imperiales, donde se introdujeron otro tipo de alimentos y se realizó una distribución de productos diferente a la conocida (Williams y Murphy, 2013).

Estos datos se respaldan sobre estudios en la sociedad inca, quienes probablemente expandieron la economía redistributiva existente, así como aumentaron el número de celebraciones y fiestas y la distribución de artículos suntuarios incas (Williams y Murphy, 2013). En la evaluación de la dentición se observó que las tasas de pérdida de dientes antemortem y de infección dental eran consistentes con una dieta bastante gruesa como granos molidos. La dieta era moderadamente alta en proteínas, pero es poco probable que la proteína en la dieta confirió efectos protectores, ya que la tasa de caries fue consistente con una dieta de granos y semillas.

En conjunto, los isótopos y los datos dentales indicaban una dieta bien equilibrada, sin embargo, con el análisis de los restos óseos se evidenció la presencia de enfermedades periósticas,

causado por déficit o estrés nutricional en largos períodos durante el crecimiento. Los datos osteológicos sugieren que las políticas incas pueden haber provocado escasez periódica de alimentos. La escasez de alimentos, combinada con el aumento de la demanda de mano de obra, puede haber producido desnutrición crónica en algunos individuos y condujeron a una estatura reducida y tasas más altas de reacciones periósticas (Williams y Murphy, 2013).

El estudio comprueba a su vez la diferencia sexual en salud y dieta por medio del análisis de piezas dentales y los isótopos estables, donde se percibe que las féminas recibían una mayor proporción de calorías que los hombres, esto ocasiona que las mujeres tuvieran una mayor presencia de caries y pérdida dental antemortem que los hombres, no obstante, la muestra cuenta con una mayor cantidad de piezas dentales masculinas que femeninas, por lo que, es considerable evaluar una proporción igual para conocer el impacto de la dieta en la salud de la cavidad oral, posiblemente generando información sobre la interacción de los microorganismos presentes en la cavidad oral de estos habitantes.

La pérdida de dientes antemortem y la frecuencia de caries aumentaron durante el período del Horizonte Tardío (1476-1532 d.C.). Esto sugiere que la dieta Puruchuco-Huaquerones en el Horizonte Tardío cambió con la ocupación inca, el análisis de los isótopos demostró que la comida cambia, lo que indica que el cultivo y consumo de maíz aumentó con el dominio inca.

Finalmente, la investigación comprueba mediante la evaluación osteológica y dental que se puede reconstruir el tipo de dieta de una población y cómo el estilo de vida y el de los patrones que se aplican a una sociedad para el consumo de productos, puede afectar a la salud de un grupo o sociedad. Este estudio se puede orientar bajo una perspectiva sociocultural y el impacto que puede generar en una variable biológica como lo es la nutrición.

4. CONCLUSIONES

El microbioma de la cavidad oral es sumamente variante en las poblaciones humanas, las bacterias de diferentes ramas filogenéticas pueden conformar relaciones adaptativas, mientras que especies de un mismo género dan lugar a diferentes actividades para el huésped. La influencia del sitio donde vive el individuo, la exposición a los ambientes diferentes, el consumo de alimentos diversos puede conllevar a que exista un grupo variado dentro de la cavidad oral que conformaría la comunidad local de la zona.

Dentro del estudio de procesos, mecanismos y factores postulados en la teoría de ecología de comunidades se puede estimar mediante la revisión sistemática realizada que existen procesos de interacción como competencia por los recursos, pero también se presentan relaciones mutualistas entre los diferentes microorganismos, planteando un estudio complejo en este hábitat, evidenciando la diversidad ecológica del sitio.

Para las investigaciones que trabajan con piezas dentales en contextos prehispánicos el proceso de estudio está limitado en primera instancia por el estado de la muestra, pero al recabar datos del ADN antiguo se puede establecer los diferentes organismos que componían la cavidad oral en las diferentes poblaciones humanas, describiendo el consumo probable de alimentos y los procesos patológicos del momento, permitiendo entender la conformación del microbioma en ese momento del pasado.

A su vez, entender que la cavidad oral humana no es más que un espacio donde interaccionan microorganismos que emplean recursos del hábitat, ya sea que son descompuestos por los alimentos o provienen de otros microorganismos, se denomina como una comunidad local que está establecida en un sitio específico y que posee habitantes que solo se pueden encontrar en ese espacio, son nativos del lugar, además al conectarse con otros sitios del cuerpo se puede producir un intercambio de recursos o de microorganismos (transitorio), y es posiblemente donde se pueda acuñar el concepto de metacomunidad, siendo el cuerpo humano caracterizado bajo esta teoría de diferentes comunidades

que se conectan por dispersión de individuos, en este caso por microorganismos.

Finalmente, al presentar la cavidad oral humana bajo una perspectiva ecológica se puede asociar que los factores, procesos y mecanismos que están ocurriendo parten de la interacción de microorganismos nativos y a su vez de la dispersión, donde otros individuos no están presentes de forma constante y pueden ser considerados migratorios, permitiendo que se asiente la coexistencia de la comunidad local y que exista equilibrio entre los procesos. En contextos prehispánicos, caracterizar a las comunidades amerindias bajo este modelo ecológico permite entender procesos de salud y enfermedad, tipos de dieta y estilos de vida, ya que se puede señalar la existencia de microorganismos autóctonos de la cavidad oral y los posibles foráneos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, Julia; Fernández, José; Guarner, Francisco; Gueimonde, Miguel; Rodríguez, Juan; Saenz, Miguel; Sanz, Yolanda. (2021). Microbiota intestinal y salud. *Revista de Gastroenterología y Hepatología*, 44(7), pp. 519-535. Recuperado de: <https://www.elsevier.es/es-revista-gastroenterologia-hepatologia-14-articulo-microbiota-intestinal-salud-S0210570521000583>
- Armelagos, George y Van Gerven, Dennis. (2003). A century of skeletal biology and paleopathology: contrasts, contradictions and conflicts. *American Anthropologist*, 105(1), pp. 53-64.
- Berg, Gabriele; Rybakova, Daria; Fischer, Doreen; Cernava, Tomislav; Champomier, Marie; Charles, Trevor; Chen, Xiaoyulong; Cocolin, Luca; Eversole, Kellye; Herrero, Gema; Kazou, Maria; Kinkel, Linda; Lange, Lene; Lima, Nelson; Loy, Alexander; Macklin, James; Maguin, Emmanuelle; Mauchline, Tim; McClure, Ryan; Mitter, Birgi; Ryan, Matthew; Sarand, Inga; Smidt, Hauke; Schelkle, Bettina; Roume, Hugo; Kiran, Seghal; Selvin, Joseph; Soares, Rafael; Van Overbeek, Leo; Singh,

- Brajesh; Wagner, Michael; Walsh, Aaron; Sessitsch, Angela; Schloter, Michael. (2020). Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. *Microbiome*, 8(103), pp. 1-22. Recuperado de: <https://microbiomejournal.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s40168-020-00875-0.pdf>
- Bravo-López, Miriam; Villa, Viridiana; Rocha, Carolina; Villaseñor, Ana; Guzmán, Axel; Sandoval, Marcela; Wesp, Julie; Alcántara, Keitlyn; López, Aurelio; Gómez, Jorge; Mejía, Elizabeth; Herrera, Alberto; Meraz, Alejandro; Moreno, María; Moreno, Andrés; Nieves, María; Olvera, Joel; Pérez, Julia; Højholt, Katrine; Rasmussen, Simon; Sandoval, Karla; Zepeda, Gabriela; Ávila, María. (2020). Paleogenomic insights into the red complex bacteria *Tannerella forsythia* in Pre-Hispanic and colonial individuals from Mexico. *The Royal Society Publishing*, 375. Recuperado de: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2019.0580>
- Buikstra, Jane. (2006). A historical introduction. En Jane, Buikstra y Lane, Beck. (Ed.), *Bioarchaeology. The contextual analysis of human remains* (pp. 7-26). Nueva York: Routledge.
- Chávez, Juan. (2023). Evaluación de los alimentos con potencial cariogénico en la dieta de los primeros agricultores que habitaron la cuenca del Titicaca. *Revista del Observatorio del Patrimonio Cultural Arqueológico*, 1(2), pp. 11-26. Recuperado de: http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/rpa/v1n2/v1n2_a01.pdf
- Cottenie, Karl y De Meester Luc. (2004). Metacommunity structure: synergy of biotic interactions as selective agents and dispersal as fuel. *Ecology*, 85(1), pp. 114-119. Recuperado de: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/03-3004>
- Cucina, Andrea. (2011). Morfología dental. En Andrea, Cucina. (Ed.), *Manual de antropología dental* (pp. 75-106). México: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- Dahlquist-Axe, Gwyn; Standeven, Francesca; Speller, Camilla; Tedder, Andrew; Meehan, Conor. (2023). Inferring diet, disease, and antibiotic resistance from the ancient oral microbiome. *Society*

ecoevorxiv. Disponible en: <https://ecoevorxiv.org/repository/view/6270/>

- Goodman, Alan. (1993). On the interpretation of health from skeletal remains. *Current Anthropology*, 34(3), pp. 281-288.
- Goodman, Alan; Thomas, Brooke; Swedlund, Alan; Armelagos, George. (1988). Biocultural perspectives on stress prehistoric, historical and contemporary population research. *Yearbook of Physical Anthropology*, 31, pp. 169-202.
- Guzmán, Laura; Germain, Rachel; Forbes, Coreen; Straus, Samantha; O'Connor, Mary; Gravel, Dominique; Srivastava, Daine; Thompson, Patrick. (2018). Towards a multi-trophic of metacommunity ecology. *Ecology Letters*, 22(1), pp. 19-33.
- Hoppa, Robert y Vaupel, James. (2002). *Paleodemography: age distributions from skeletal samples*. Cambridge: University Press.
- Hubbell, Stephen. (2001). *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. New Jersey: Princeton University Press.
- Hubbell, Stephen. (2006). Neutral theory and the evolution of ecological equivalence. *Ecology*, 87(6), pp. 1387-1398.
- Icaza, María. (2013). Microbiota intestinal en la salud y la enfermedad. *Revista de Gastroenterología*, 78(4), pp. 240-248. Recuperado de: <http://www.revistagastroenterologiamexico.org/esmicrobiota-intestinal-salud-enfermedad-articulo-S0375090613001468>
- Larsen, Clark. (1997). *Bioarchaeology: interpreting behavior from the human skeleton*. Cambridge: University Press.
- Marcano, Mariana; Lima, Thaynara; Medina, Gustavo; Schmitt, Maria; Da Silva, Luana; Schüler, Lavínia; Bortolini, Maria. (2023). Oral microbiota, co-evolution, and implications for health and disease: the case of indigenous peoples. *Genetics and Molecular Biology*, 46(3), pp. 1-10. Recuperado de: <https://www.scielo.br/j/gmb/a/rPGTgSncfc6r5NCBcrbLyGb/?format=pdf&lang=en>
- Maurice, Corinne y Turnbaugh, Peter. (2013). Quantifying the metabolic activities of human-associated microbial communities across

- multiple ecological scales. *FEMS Microbiology Reviews*, 37(5), pp. 830-848. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23550823/>
- Saracci, Rodolfo. (2010). *Epidemiology: a very short introduction*. Nueva York: Oxford University Press.
- Sedghi, Lea; DiMassa, Vincent; Harrington, Anthony; Lynch, Susan; Kapila Yvonne. (2021). The oral microbiome: role of key organisms and complex networks in oral health and disease. *Periodontology* 2000, 87(1), pp. 107-131. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34463991/>
- Soto, Antonio; Badii, Mohammad; Guillen, Amalia; Acuña, Manuel; Abreu, José. (2019). Meta-comunidad: conceptos y aplicaciones a la sustentabilidad. *International Journal of Good Conscience*, 14(2), pp. 302-315. Recuperado de: [http://www.spentamexico.org/v14-n2/A19.14\(2\)302-315.pdf](http://www.spentamexico.org/v14-n2/A19.14(2)302-315.pdf)
- Sultan, Ahmed; Kong, Eric; Rizk, Alexandra; Jabra-Rizk, Mary. (2018). The oral microbiome: A lesson in coexistence. *PLoS Pathogens*, 14(1). Recuperado de: <https://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.1006719>
- Waldron, Tony. (2009). *Paleopathology*. Cambridge: University Press.
- Williams, Jocelyn y Murphy, Melissa. (2013). Living and dying as subjects of the Inca Empire: adult diet and health at Puruchuco-Huaquerones, Peru. *Journal of Anthropological Archaeology*, 32, pp. 165–179. Recuperado de: https://www.academia.edu/5075889/Living_and_dying_as_subjects_of_the_Inca_Empire_Adult_diet_and_health_at_Puruchuco_Huaquerones_Peru