










## Los microorganismos orales y su relación con las enfermedades sistémicas: ¿Qué tan informados estamos?

Guadalupe Saraí Aguilar-Méndez<sup>1</sup> , Jessica Quintero-Justo<sup>1</sup> , Alan Ruiz-Alfonzo<sup>1</sup> , Fernanda Cabrera-Cantú<sup>2</sup> , Verónica Quintero-Hernández<sup>3</sup> , Víctor R. Juárez-González<sup>4</sup> , Yolanda Elizabeth Morales-García<sup>1,5</sup> , Jesús Muñoz-Rojas<sup>5</sup> , América Rivera-Urbalejo<sup>2,5\*</sup> .

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Puebla, México.

<sup>2</sup> Facultad de Estomatología, BUAP, Puebla, México.

<sup>3</sup> CONACYT-Laboratorio de Ecología Molecular Microbiana (LEMM), Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas (CICM), Instituto de Ciencias (IC), BUAP, Puebla, México. Edificio 103 J, Ciudad Universitaria, San Manuel, Puebla, México. C. P. 72570.

<sup>4</sup> Departamento de Medicina Molecular y Bioprocesos, Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 2001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. México.CP: 62210.

<sup>5</sup> Grupo Ecology and Survival of Microorganisms, LEMM, CICM, IC, BUAP, Puebla, México. Edificio 103 J, Ciudad Universitaria, San Manuel, Puebla, México. C. P. 72570.

\*Email autor corresponsal: [america99670@gmail.com.mx](mailto:america99670@gmail.com.mx)

**Recibido:** 19 julio 2021. **Aceptado:** 21 octubre 2021

### RESUMEN

**Antecedentes.** En la cavidad oral podemos encontrar un ecosistema muy complejo donde los tejidos de la boca interactúan con una amplia variedad de especies microbianas. Muchas de estas especies forman biopelículas en las superficies de los dientes y generan infecciones bucales como caries, gingivitis y periodontitis. Sin el tratamiento correcto, cada una de estas enfermedades tiene el potencial de convertirse en un foco infeccioso y contribuir al desarrollo de afecciones sistémicas como enfermedades cardiovasculares y gastrointestinales, así como inducir partos prematuros y nacimientos con bajo peso. **Objetivo.** Debido a las diversas enfermedades sistémicas que pueden surgir a raíz de una mala higiene bucal, en este trabajo el objetivo fue realizar una encuesta a ciudadanos, que nos permita saber sus hábitos de higiene bucal, y conocer qué tanto saben de su relación con las enfermedades sistémicas, así como investigar que estructuras de proteínas depositadas en el PDB (Protein Data Bank) se encuentran en microorganismos orales. **Resultados y conclusiones.** Los datos

obtenidos nos permitieron concluir que el género femenino tiene ligeramente mayor conocimiento acerca de la relación entre la falta de salud bucal y las enfermedades sistémicas, sin embargo; la mayoría de los participantes desconoce esta relación y considera tener una buena salud bucal a pesar de no acudir regularmente al dentista. En cuanto a las estructuras de proteínas depositadas en el PDB, se encontraron muchas, lo que abre la posibilidad para futuros estudios que nos permitan comprender los procesos de infección que se vinculen con enfermedades sistémicas.

**Palabras clave:** microorganismos orales; periodontitis; enfermedades sistémicas; caries; PDB (Protein Data Bank); estructura de proteínas.

## ABSTRACT

**Background.** In the oral cavity we can find a very complex ecosystem where tissues of the mouth interact with a wide variety of microbial species, many of them are capable of forming biofilms on the surfaces of the teeth, and generating oral infections such as cavities, gingivitis and periodontitis. Without proper treatment, each of these diseases has the potential to become an infectious focus and contribute to the development of systemic diseases such as cardiovascular and gastrointestinal diseases, as well as premature labor and low birth weight newborns. **Objective.** Because of the various systemic diseases that can arise as a result of poor oral hygiene, in this work the objective was to carry out a survey of citizens, which allows us to know their oral hygiene habits, and to know how much they know about their relationship with diseases systemic, as well as to investigate that protein structures deposited in the PDB (Protein Data Bank) exist for oral microorganisms. **Results and conclusions.** The data obtained allowed us to conclude that the female gender has slightly more knowledge about the relationship between poor oral health and systemic diseases, however; most of the participants are unaware of this relationship and consider having good oral health despite not going to the dentist regularly. Regarding the protein structures deposited in the PDB, many were found, which opens the possibility for future studies that allow us to understand the infection processes that are linked to systemic diseases.

**Keywords:** oral microorganisms; periodontitis; systemic diseases; cavities; PDB (Protein Data Bank); proteins structure.

## INTRODUCCIÓN

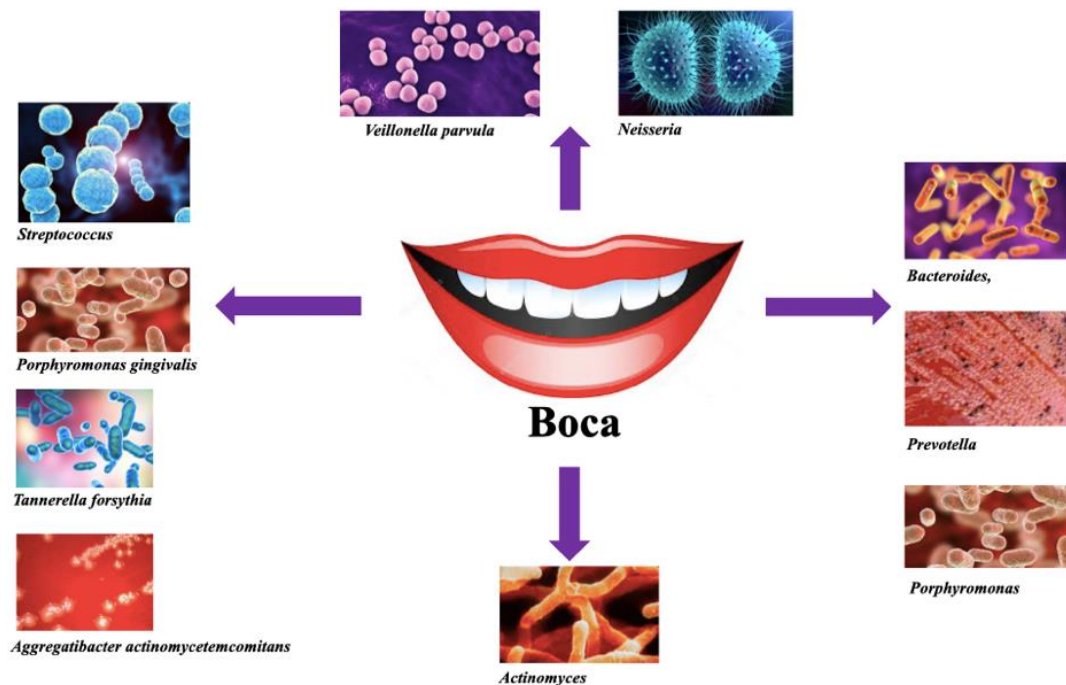
Los microorganismos pueden habitar cualquier lugar siempre y cuando tengan las condiciones necesarias para su crecimiento y desarrollo; una prueba de esto es el cuerpo humano, en donde los microorganismos han logrado colonizar el tracto gastrointestinal, genitourinario, la nasofaringe, la cavidad oral, el tracto respiratorio y la piel [1].

Hablando específicamente de la cavidad oral, en ella podemos encontrar un ecosistema muy complejo donde interaccionan tejidos de la boca, con una amplia variedad de especies microbianas [2, 3] que se pueden encontrar en toda la cavidad o en espacios bien delimitados. Por ejemplo, las especies del género *Streptococcus* se encuentran en una alta proporción en tejidos blandos, saliva y en la lengua, mientras que las especies del género *Actinomyces* se encuentran a nivel supragingival e infragingival y en fisuras de la lengua [4]. Las especies de los géneros *Bacteroides*, *Prevotella* y *Porphyromonas* prevalecen en las superficies mucosas y alcanzan concentraciones muy altas, tanto en la placa dental como en las grietas gingivales y las criptas amigdalares [5]; en cambio, *Veillonella parvula* y especies del género *Neisseria* pueden aislarse en todos los hábitats orales. Finalmente, algunas otras especies como los complejos bacterianos constituidos por *Aggregatibacter*

*actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis* y *Tannerella forsythia* pueden colonizar de forma intracelular a las células epiteliales de la cavidad oral [4], ver figura 1.

Si bien la boca es un hábitat con una gran cantidad y variedad de microorganismos, algunas especies bacterianas orales pueden cumplir una misma función, esta característica es conocida como redundancia funcional. Un ejemplo de ello son los grupos de *Actinomyces*, *Rothia*, *Propionibacterium* (Actinobacterias); *Estafilococo* y *Veillonella* (Firmicutes); *Prevotella* (Bacteroidetes) *Neisseria* y *Haemophilus* (Proteobacterias), las cuales participan en la reducción de nitrato, que se obtiene a través de la dieta diaria, a nitrito, lo que genera un beneficio para nuestro organismo, ya que ésta conversión ayuda a reducir la presión arterial y promueve la salud vascular[6].

Por otro lado, muchos de estos microorganismos son capaces de formar biopelículas o comunidades en las superficies de los dientes, las cuales con una correcta higiene bucal que incluye el cepillado diario, el uso del hilo dental y enjuagues bucales, se pueden mantener bajo control. No obstante, si no se tienen buenos hábitos de higiene se propicia el desequilibrio de la microbiota oral, permitiendo mayor proliferación de algunos microorganismos patógenos como por ejemplo:



**Figura 1.** Especies de bacterias que viven en la cavidad bucal, imágenes tomadas de: <https://www.tuasaude.com/es/estreptococo/>; [https://www.perioexpertise.es/articulo/porphyromonas-gingivalis-y-canceres-gastrointestinales](https://www.perioexpertise.es/articulo/porphyromonas-gingivalis-y-canceres-gastrointestinales;); <https://www.istockphoto.com/es/foto/bacterias-de-tannerella-forsythia-gm888013282-246377949>; [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-10182011000700011](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182011000700011), <https://www.shutterstock.com/es/image-illustration/veillonella-bacteria-gramnegative-anaerobic-cocci-part-1013219749>; <https://www.agefotostock.es/age/es/detalles-foto/bacteria-neisseria-gonorrhoeae-neisseria-meningitidis-gonococo-meningococo-3-d-ilustracion-bacteria-causa-gonorrhoeae/ESY-051340616>; <https://www.shutterstock.com/es/search/bacteroides>, [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-63652002000200007](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652002000200007); <https://es.wikipedia.org/wiki/Actinobacteria>.

*Streptococcus mutans*, *Actinomyces*, *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, *Lactobacillus*, *Parvimonas*, *Rothia dentocariosa*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Fusobacterium nucleatum* *Porphyromonas gingivalis* y *Tannerella forsythia*. Muchos de estos microorganismos están implicados en el desarrollo de procesos infecciosos como caries, gingivitis o periodontitis [5, 7–10]. Por ejemplo, la caries es una enfermedad progresiva que se caracteriza por la destrucción de las partes duras del diente, como resultado del

desequilibrio entre los minerales dentales y las biopelículas orales. Esta afección es de suma importancia estomatológica, debido a que es la segunda causa más común en la pérdida de dientes. La gingivitis es la inflamación reversible de la encía marginal, cuyos signos principales son cambios de color, edema y sangrado [12], provocados por la acumulación de bacterias, las cuales favorecen las alteraciones inflamatorias y recesivas de la encía y del periodonto [12, 13], y se considera la segunda causa de morbilidad bucal. Por otra

parte, la periodontitis es una enfermedad crónica multifactorial de origen inflamatorio, la cual se caracteriza por la destrucción progresiva de los tejidos del soporte de los dientes [14]. Generalmente afecta a las personas jóvenes, no obstante, puede desarrollarse a cualquier edad, aunque esto es menos frecuente. La periodontitis es causada por el efecto combinado de la predisposición genética, factores inmunológicos, microbiológicos, demográficos, psicológicos y ambientales [15]; como por el pH de la cavidad oral, hábitos de higiene oral, edad, género, frecuencia de visitas al dentista, hábitos de tabaquismo, estrés, tendencias neuróticas, ansiedad y factores tales como relaciones familiares tensas, histeria e hipocondría [15–18].

Sin un tratamiento correcto, cada una de estas enfermedades tienen el potencial de convertirse en un foco infeccioso y contribuir al desarrollo de enfermedades sistémicas, entre las que destacan las enfermedades cardiovasculares y gastrointestinales, y alteraciones como partos prematuros y nacimiento con bajo peso.

La aterosclerosis es una enfermedad cardiovascular ocasionada por las bacteremias de las bolsas periodontales [19] a consecuencia de la gran cantidad de bacterias Gram-negativas que entran en contacto con el tejido subyacente y con los vasos sanguíneos periodontales. Estas bacteremias producen la liberación periódica de

citocinas de respuesta hiper inflamatoria (proteína C reactiva, antitripsina 1, haptoglobina, fibrinógeno, tromboxanos, IL-1, -6 y -8, y el factor de necrosis tumoral alfa) en el hospedador por largos periodos de tiempo [20, 21]. Finalmente, la liberación de estas citocinas puede iniciar la adhesión y agregación plaquetaria, que promueve la formación de células espumosas y la acumulación de colesterol en la capa íntima arterial. Estos últimos procesos son los que al final favorecen el desarrollo de la arteriosclerosis y trombosis [21].

También se han encontrado afectaciones en el sistema gastrointestinal, como consecuencia de las enfermedades orales, que causan la pérdida de piezas dentales, hipo salivación y molestias provocadas por las infecciones en la cavidad oral. Estas afecciones orales dificultan la capacidad de trituración de los alimentos, la formación del bolo alimenticio, y la ingestión [11, 22]. Todo esto provoca que el aparato digestivo esté sometido a un exceso de trabajo, con un mayor gasto energético y digestión más lenta [11]. Como consecuencia, los individuos llevan una dieta menos variada y presentan falta de apetito e insatisfacción al comer [22], lo cual puede desembocar en una nutrición incorrecta. Además, autores como Chandan y Thomas [23] mencionan que en el intestino delgado y grueso también se pueden encontrar inflamaciones y

úlceras como consecuencia de las enfermedades orales [23, 24].

El sistema músculo-esquelético es también susceptible a los focos infecciosos dentarios y/o paradentarios que logran entrar al torrente sanguíneo. Las bacterias producen mediadores inflamatorios como las prostaglandinas e interleucina que son transportados por la sangre a los músculos y articulaciones, provocando astenia, que se manifiesta como fatiga muscular y cansancio, así como la pérdida de tono fibrilar, debido a que estas infecciones ralentizan la contracción y relajación del músculo [11, 25].

El aborto espontáneo, un nacimiento prematuro o niños con bajo peso al nacer, también puede ser otra consecuencia de los focos infecciosos orales [26]. Estos focos infecciosos provocan la diseminación de microorganismos anaerobios Gram-negativos, lipopolisacáridos y endotoxinas en el torrente sanguíneo, los cuales estimulan la producción de citocinas derivadas del hospedador. Estas citocinas favorecen el aumento de mediadores inflamatorios como prostaglandina E2 y factor de necrosis tumoral alfa, generando un riesgo para la unidad feto-placentaria, lo que puede inducir la dilatación cervical [27, 28].

Un estudio de la Universidad de Carolina del Norte mostró que las mujeres con enfermedad periodontal fueron siete veces más propensas a

partos pretérminos y a tener niños de bajo peso [27]. Además, existe evidencia de que una mala salud bucal durante la gravidez aumenta el riesgo en los bebés de tener caries dental, mal oclusiones, alteraciones en la formación de los dientes, calidad, textura de los tejidos y de las proporciones de las estructuras en el área cráneo facial, que alteran la armonía del rostro en el período prenatal [27–29].

Por si fuera poco, también en la cavidad oral se pueden encontrar microorganismos responsables de enfermedades de transmisión sexual como el virus del papiloma humano (VPH) o *Chlamydia trachomatis*; ésta última puede favorecer la oncogénesis cuando existe una coinfección con el VPH, debido a que *C. trachomatis* provoca inflamación local que daña el tejido epitelial, haciéndolo más susceptible al VPH y a otras infecciones [30]. Este tipo de infecciones orales se transmiten durante el acto sexual oral, ya que muchos microorganismos que infectan el área genital también pueden infectar la cavidad oral.

Es importante resaltar que cada uno de los microorganismos que habitan en la cavidad oral deben sintetizar proteínas que les permitan adaptarse al medio en el que se desenvuelven, sobrevivir, adherirse a piezas dentales o zonas específicas de la boca, o simplemente co-agregarse con otros microorganismos. En este sentido, la estructura tridimensional (3D) de las

proteínas es de gran importancia debido a que proporciona información muy valiosa sobre su función lo cual es esencial para comprender la integración de los microorganismos de la cavidad oral. Gracias al progreso continuo de las metodologías para determinar las estructuras 3D de las macromoléculas (proteínas, ácidos nucleicos, etc.), a nivel atómico como lo son: la difracción de rayos X sobre cristales de proteínas [31], resonancia magnética nuclear o RMN (análisis 3D de las proteínas en solución usando la información de los núcleos de los átomos sometidos a campos magnéticos [32]) y crio-microscopía electrónica o CRYO-EM (microscopía electrónica que determina la estructura 3D de las proteínas a nivel atómico a temperaturas criogénicas [33]), se ha generado una gran cantidad de información estructural, la cual es depositada en el banco de datos de proteínas, también conocida como PDB (Protein Data Bank), que tiene 178747 estructuras depositadas [34]. Debido a las diversas enfermedades sistémicas que pueden surgir a raíz de una mala higiene bucal, nuestro objetivo es realizar un sondeo a ciudadanos poblanos que nos permita saber sus hábitos de higiene bucal, y conocer qué tanto saben sobre la mala higiene bucal y su relación con las enfermedades sistémicas, así como buscar en el PDB si existen proteínas reportadas que

pertenezcan a microorganismos orales y conocer su función.

## **METODOLOGÍA**

Este estudio fue conducido por el Laboratorio de Ecología Molecular Microbiana del Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas del Instituto de Ciencias, la Facultad de Estomatología y la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

### **Participantes**

Se realizó una pequeña encuesta a 309 ciudadanos poblanos o personas que ya llevan radicando en Puebla por más de 3 años y que estuvieran en el rango de edad entre 15 a 51 años.

### **Cuestionario y medios de difusión**

Se realizó una encuesta independiente usando la aplicación de MICROSOFT FORMS OFFICE 365; la cual permite crear encuestas, cuestionarios y sondeos fácilmente, además, esta aplicación nos permite visualizar los datos en forma de gráficas y nos arroja porcentajes que se pueden exportar a un formato Excel. Después de generar las preguntas se solicitó a 120 alumnos pertenecientes a las Facultades de

Estomatología, a la Facultad de Ciencias y de la Facultad de Administración de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) compartieran el enlace de la encuesta: <https://forms.gle/w8g9SRNkEadDY6Rd7> a través de sus redes sociales como Facebook y WhatsApp, cada participante solo podía responder una sola vez el cuestionario. La encuesta se dividió en tres bloques de preguntas, en el primer bloque se pedía información general como: el género, la edad y último grado de estudios. En el segundo bloque se realizaron preguntas enfocadas a la higiene oral como: el número de veces que se cepillan los dientes, si hacen uso del hilo dental o cuántas veces visitan al dentista al año y en el tercer bloque se realizaron preguntas que nos permitieron saber si los participantes tenían conocimiento de las enfermedades sistémicas relacionadas con la mala higiene bucal.

### **Búsqueda de estructuras de proteínas en el PDB**

Utilizando los nombres científicos de varias especies de bacterias que viven en la cavidad bucal, ingresamos a la página del PDB: <https://www.rcsb.org/> para identificar algunas proteínas reportadas para estos

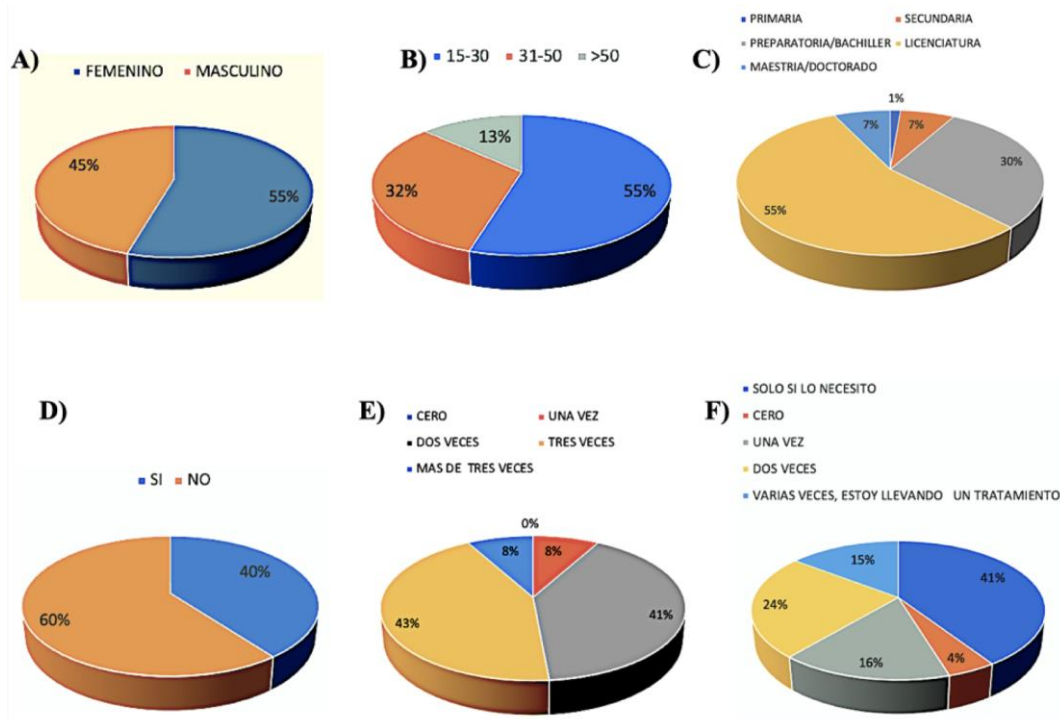
microorganismos y conocer sus funciones.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Datos generales de la población y hábitos de higiene**

Se realizaron un total de 309 encuestas, en la cual hubo mayor participación femenina 55% en comparación con la masculina 45% (Figura 2A), en cuanto a la edad (Figura 2B), el mayor número de encuestados está en el rango de 15-30 años 55% y respecto al último grado de estudios, el 55% tienen licenciatura (Figura 2C).

En el bloque dos se preguntó sobre los hábitos de higiene, el 60% de los encuestados mencionaron no usar hilo dental (Figura 2D), sin embargo, la mayoría se cepillan los dientes entre dos y tres veces al día (cerca del 84%) (Figura 2E); en relación con las visitas anuales al dentista, se obtuvo que solo el 24% de las personas acuden dos veces al año como lo recomiendan los profesionales de la salud (Figura 2F). En este apartado pudimos observar que no existe el hábito de acudir al dentista entre las personas que participaron en la encuesta, haciéndolo únicamente si se presenta alguna molestia bucal como dolor.



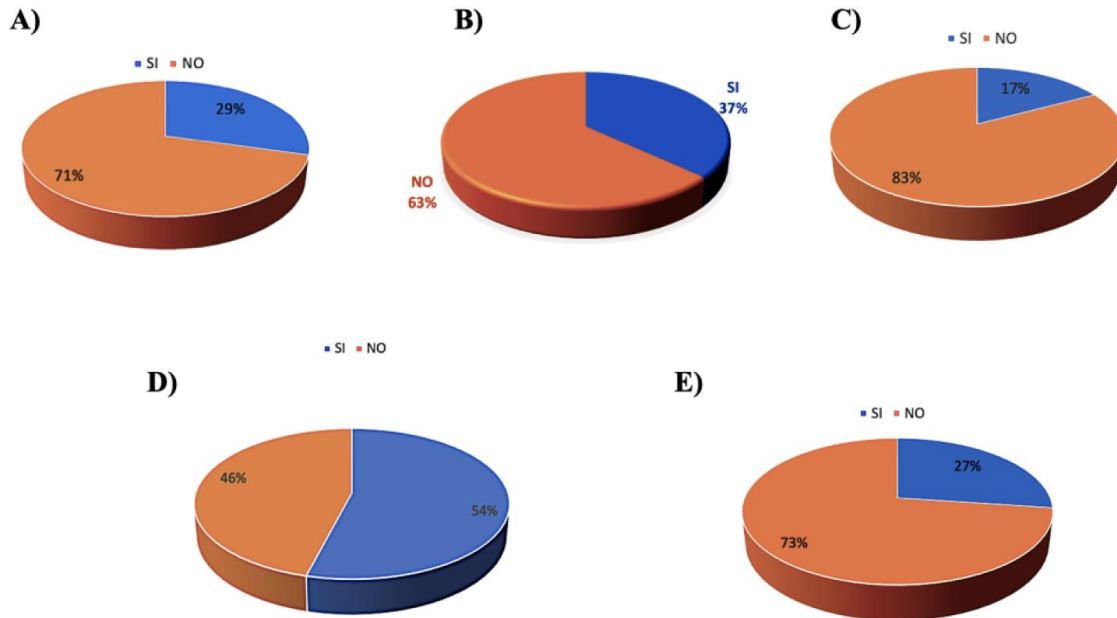
**Figura 2.** Porcentaje de participación de encuestados con respecto: A) al género, B) edad, C) grado de estudio, D) uso de hilo dental, E) número de veces del cepillado de dientes al día y F) visitas al dentista.

### Enfermedades sistémicas relacionadas con la salud bucal

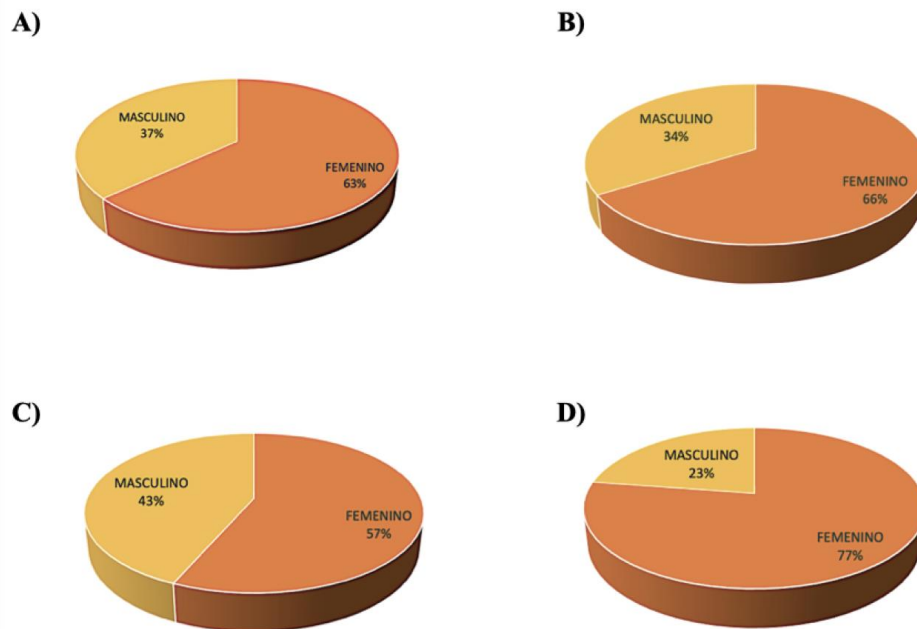
El cuestionario del presente trabajo también incluyó, como parte del tercer bloque, preguntas acerca del conocimiento que tienen los participantes con respecto a la relación de enfermedades sistémicas y la salud bucal. El 71% de los participantes mencionaron no tener conocimiento de enfermedades sistémicas relacionadas con la salud bucal (Figura 3A). Al preguntar si conocían la relación que existe entre la mala higiene bucal y enfermedades sistémicas específicas como: las enfermedades cardíacas, los problemas de digestión y nutrición, el riesgo en el embarazo y la fatiga muscular, el 37% de las personas mencionaron

conocer la relación con enfermedades cardíacas (Figura 3B), el 17% conoce la relación con fatiga muscular (Figura 3C), mientras que el 54% conoce la relación con los problemas digestivos y de nutrición (Figura 3D). Hay que resaltar que la relación que más conocen los encuestados es la mala higiene bucal y el riesgo en el embarazo con un 73 % (Figura 3E).

Al analizar los datos por género, logramos observar que el género femenino es el que tiene más conocimiento de la relación que existe entre la mala salud bucal y enfermedades sistémicas. Resaltando que el 77% de las mujeres mencionan conocer la relación que existe con el riesgo en el embarazo (Figura 4D),



**Figura 3.** Proporción de individuos que conocen la relación entre salud bucal y el desarrollo de enfermedades sistémicas específicas. A) conocen alguna enfermedad relacionada con la higiene bucal. B) conocen la relación entre mala higiene bucal-enfermedades cardiacas, C) conocen la relación entre mala higiene bucal-fatiga muscular, D) conocen la relación entre mala higiene bucal-problemas digestivos y de nutrición, E) conocen la relación entre mala higiene bucal-riesgo en el embarazo.



**Figura 4.** Proporción de individuos que conocen la relación salud bucal- enfermedades sistémicas de acuerdo con el género. A) enfermedades cardiacas, B) fatiga muscular, C) problemas gastrointestinales y de nutrición, D) problemas en el embarazo.

seguido por el 66% que conoce la relación con fatiga muscular (Figura 4B), el 63% conoce la relación con enfermedades cardíacas (Figura 4A), y el 57% conoce la relación con problemas digestivos y de nutrición (Figura 4C).

Esta diferencia podría atribuirse al hecho que son las mujeres quienes experimentan el embarazo o se encuentran en edad reproductiva y tienden a informarse acerca de los riesgos y complicaciones durante ese estado. Diversos autores plantean que el periodo de gravidez es el ideal para orientar a las madres, pues se encuentran más motivadas, susceptibles y receptivas a realizar cambios de actitud y comportamiento, para recibir información y ser educadas sobre la salud bucal [27].

Se analizaron también los datos obtenidos con relación a la edad y el conocimiento que se tiene entre la mala salud oral y las diferentes enfermedades sistémicas; y se encontró que en general el grupo mejor informado es el de los individuos en el rango de 15-30 años, seguido de las personas de 31-50 años y por último aquellos mayores de 50 años (Figura 5).

Las personas en el rango de 15-30 años (75%) mostraron tener mayor conocimiento con relación a la fatiga muscular y la falta de salud oral (Figura 5B), en cambio, las personas en el rango de 30-50 años (31%) conocen más sobre la relación entre la salud bucal y los problemas nutricionales y de digestión (Figura 5C). Por

otra parte, las personas mayores de 50 años (15%) tienen más conocimiento sobre enfermedades cardiovasculares y su relación con la salud oral (Figura 5A). Este fenómeno podría deberse a que es una enfermedad común en este grupo de edad ya que, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, cuatro de cada cinco muertes son ocasionadas por una enfermedad cardíaca en personas mayores de 65 años [35, 36].

Las diferencias observadas en conocimiento con respecto a la mala salud bucal y las enfermedades sistémicas podrían deberse a los intereses e inquietudes correspondientes a la edad, ya que la percepción y asimilación de información que cada persona consume acerca de su bienestar y cuidado es variable. Siendo para los jóvenes, la energía, vigor y productividad temas importantes, mientras que para los adultos es importante el cuidado cardiovascular y los problemas gastrointestinales, ya que son afecciones propias de la edad. También podemos observar que no existe una asociación directa entre el mal cuidado dental y la fatiga muscular o el cansancio, ya que estos padecimientos usualmente son atribuidos a otro tipo de enfermedades y la asociación más común y evidente es la mala nutrición, falta de sueño, anemia, etc. (Figura 5B).

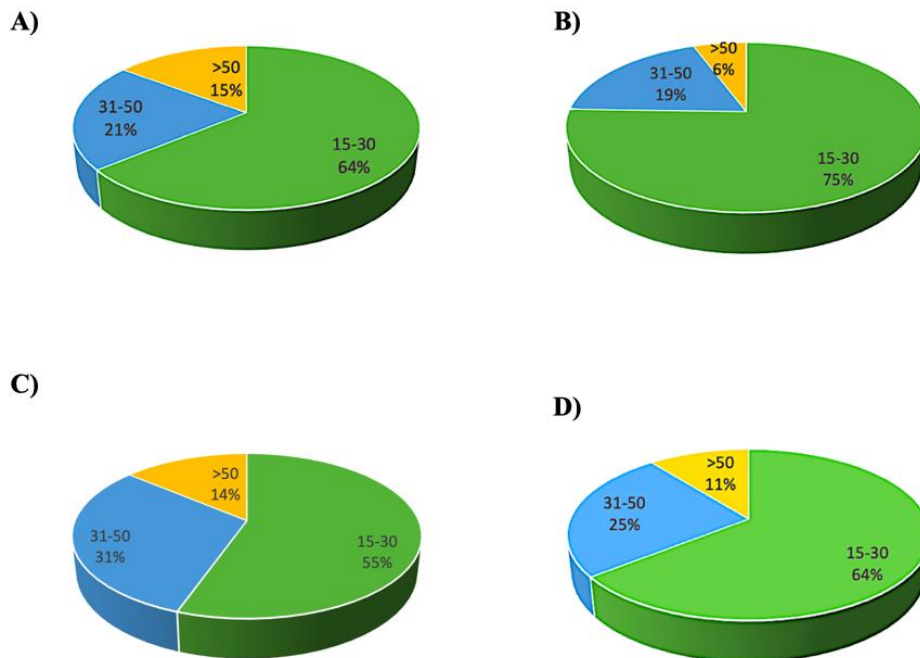
En cuanto al último grado de estudios, los datos

obtenidos nos muestran que el mayor porcentaje de individuos que tienen conocimiento de la relación entre enfermedades sistémicas y la falta de salud oral está en el rango de licenciatura, seguido por educación media superior, posgrado, secundaria y por último primaria (Figura 6).

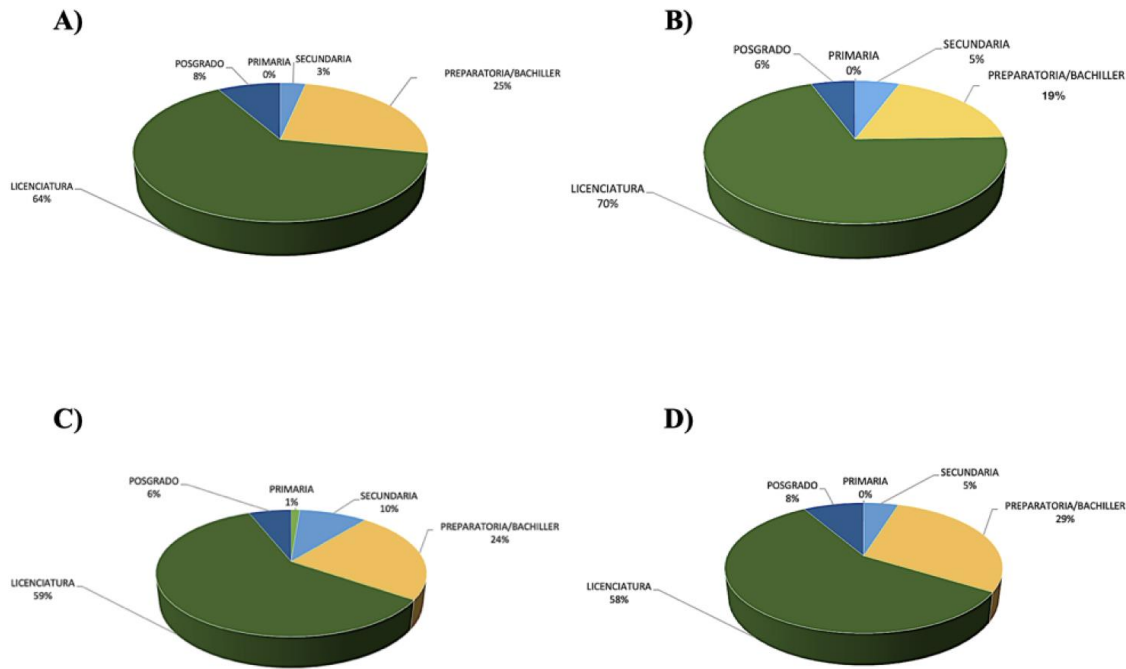
En primaria como último grado de estudios solo el 1% manifestó conocer la relación entre la falta de higiene dental y los problemas nutricionales y gastrointestinales (Figura 6C). Esto podría asociarse más como un conocimiento general de la población, ya que se manifiesta de forma evidente con molestias

provocadas por las infecciones en la cavidad oral las cuales dificultan la masticación y por ende la alimentación tal y como lo indican Mesas 2010 y Castaños 2012 [22].

Con respecto al conocimiento que existe entre la relación de enfermedades sistémicas y la falta de higiene oral de acuerdo con el grado de estudios; podemos decir que cuanto mayor es el grado de estudio mayor es la cantidad de individuos que conocen dicha relación (Figura 6 A-D). Los jóvenes universitarios hacen uso de diversas fuentes para acercarse a temas relacionados con aspectos científicos [35],



**Figura 5.** Proporción de individuos que conocen la relación salud bucal-enfermedades sistémicas de acuerdo con la edad. A) enfermedades cardiacas, B) fatiga muscular, C) problemas gastrointestinales y de nutrición y D) problemas en el embarazo.



**Figura 6.** Proporción de individuos que conocen la relación salud bucal- enfermedades sistémicas de acuerdo con el grado de estudios. A) enfermedades cardíacas, B) fatiga muscular, C) problemas gastrointestinales y de nutrición y D) problemas en el embarazo.

además, que poseen mayores herramientas lo que les permite tener fácil acceso y la comodidad que brinda para la búsqueda de esta información. Esto corrobora lo dicho por Caridad *et al.* [37], quienes reportan que el cuidado dental se encuentra relacionado con el nivel educativo.

### **Análisis de las estructuras obtenidas del PDB de diferentes especies de bacterias orales**

Debido a que es importante conocer a las proteínas y enzimas que se encuentran en los microorganismos de la cavidad oral, para su posterior estudio e identificación de su acción en el daño dental, se tomó la decisión de buscar

estructuras reportadas en el Protein Data Bank (PDB) de algunas bacterias que participan en procesos infecciosos orales. En un futuro muy cercano pretendemos abordar las enfermedades bucales conociendo la microbiología de sus bacterias y la estructura tridimensional de sus proteínas, con la finalidad de probar compuestos naturales provenientes de plantas que nos permitan regular los procesos de proliferación o adhesión a tejidos específicos ante una infección.

Al ingresar el nombre de las especies bacterianas de: *Veillonella parvula*, *Neisseria*, *Bacteroides*, *Prevotellas*, *Porphyromonas*, *Actinomyces*, *Streptococcus*, *Porphyromonas gingivalis*, *Tannerella forsythia* y

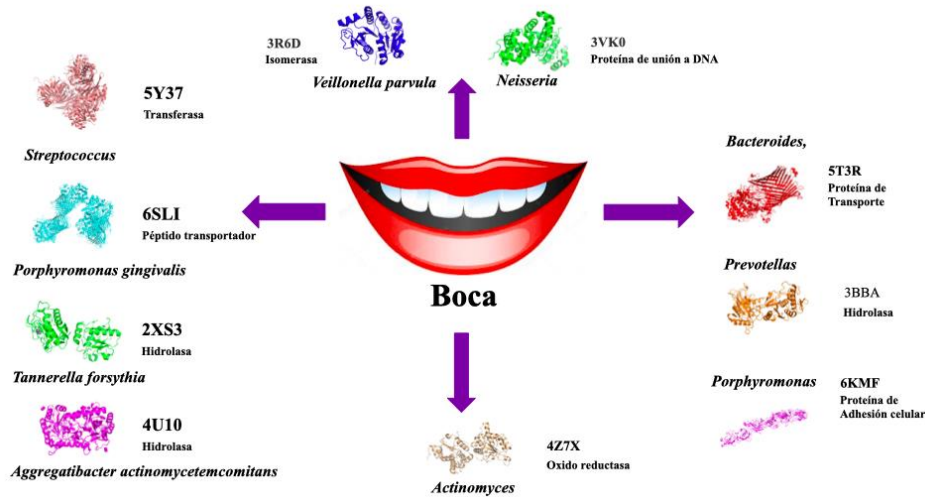
*Aggregatibacter actinomycetemcomitans* en la plataforma del PDB, encontramos que para *Veillonella parvula*, la primera estructura que sale de este análisis es una proteína reportada como isomerasa (enzima que transforma un isómero de un compuesto químico en otro) cuyo código de PDB es 3R6D. Para *Neisseria* se reporta una proteína de unión a DNA (las proteínas de unión a DNA pueden ser factores de transcripción, polimerasas o nucleasas) su código de PDB es 3VK0 [38]. Para *Bacteroides* la proteína que se reporta es de transporte (proteínas que pueden participar en el movimiento de moléculas, iones al interior de un organismo), su PDB es 5T3R [39]. Para *Prevotellas* encontramos una hidrolasa (enzima capaz de catalizar la hidrólisis de un enlace químico) su código de PDB es 3BBA [40], mientras que para *Porphyromonas* se encontró una proteína de adhesión celular (proteínas localizadas en la superficie de las células que tienen la capacidad de unirse a un ligando o receptores específicos) su código PDB es 6KMF [41]. Para *Actinomyces* fue una óxido reductasa (enzima que cataliza la transferencia de electrones desde una molécula donadora a otra receptora) su código de PDB es 4Z7X [42]. Para *Streptococcus* fue una transfererasa (esta enzima cataliza la transferencia de un grupo funcional de una molécula donadora a otra aceptora) su código de PDB es 5Y37 [43]. Para

*Porphyromonas gingivalis* fue un péptido transportador (péptido que facilita el movimiento de moléculas) su código PDB fue 6SLI [44]. Para *Tannerella forsythia* fue una hidrolasa (enzima capaz de catalizar la hidrólisis de un enlace químico) su código de PDB es 2XS3 [45] y finalmente para *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* fue una hidrolasa (enzima capaz de catalizar la hidrólisis de un enlace químico) su código de PDB es 4U10. Es importante mencionar que de toda la información depositada en el PDB solo consideramos una estructura para cada especie de bacteria como un primer acercamiento.

La riqueza de información estructural de las proteínas depositadas en el PDB provenientes de bacterias bucales, nos abre un amplio panorama para comprender más sobre el funcionamiento de las proteínas que participan en los diversos procesos de infección, lo cual es relevante para estudios odontológicos.

## CONCLUSIÓN

La salud oral es sumamente importante para el individuo y su cuidado debe ser continuo ya que no se debe considerar como un sistema aislado, debido a que contribuye de forma directa con la salud general del cuerpo y al ser un sistema conectado tiene influencia en otros órganos y sistemas. Esta cavidad cuenta con una carga microbiana, cuyo equilibrio determina en gran



**Figura 7.** Estructuras de proteínas depositadas en el PDB de especies de bacterias que viven en la cavidad oral (Bibliografía citada en el texto).

medida la salud bucal. El desequilibrio de la microbiota oral provocado por malos hábitos de higiene permite mayor proliferación de microorganismos patógenos y dañinos para la boca lo que favorece el desarrollo de enfermedades bucales que se podrían evitar con el cuidado correcto tanto preventivo como correctivo. El proceso de un correcto cepillado nos lo enseñan desde niños, sin embargo, no se da seguimiento en edades posteriores con mayor información sobre la importancia de la salud bucal y su relación con la salud general del cuerpo.

La negligencia en el cuidado dental puede contribuir al desarrollo de otras enfermedades en el individuo entre las cuales podemos encontrar enfermedades cardiovasculares como la aterosclerosis, el riesgo en el embarazo de

parto prematuro o aborto, la fatiga muscular, y los problemas nutricionales y digestivos como la digestión lenta, y/o incompleta provocada por la pérdida de piezas dentales, infecciones bucales, acumulación de placa, dolor, malformaciones o molestias en la boca. Cualquiera de las enfermedades antes mencionadas, contribuyen a disminuir la calidad de vida de los individuos y algunas incluso pueden provocar daño severo, secuelas e incluso la muerte.

Los resultados que obtuvimos en este trabajo nos confirman la necesidad de proporcionar mayor información a la población acerca de la relación entre la salud oral y las enfermedades sistémicas, haciendo hincapié en los riesgos que se corren al no tener una higiene correcta o visitar regularmente al médico dentista, esta

información podría proporcionarse a la población universitaria en la campaña de salud que cada año realiza la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, podría generarse material audiovisual que se transmita en las pantallas del Hospital Universitario del estado de Puebla, también se debería intensificar la educación de niños y adolescentes visitando y dando charlas de salud oral.

### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Ángeles Pérez Oseguera por su invaluable apoyo y asesoría bibliográfica en la realización del presente manuscrito.

### REFERENCIAS

[1]. Rodríguez-Peña K. El hábitat de los microbios. *Ciencia* [Internet]. 2017;68(2):18–25. Available from: [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68\\_2/PDF/HabitatMicrobios.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_2/PDF/HabitatMicrobios.pdf)

[2]. Hamada S, Slade HD. Biology, immunology, and cariogenicity of *Streptococcus mutans*. *Microbiol Rev* [Internet]. 1980 Jun 1;44(2):331–84. Available from: <https://doi.org/10.1128/mr.44.2.331->

384.1980

[3]. Ramos Perfecto D, Brañez K. *Streptococcus sanguinis* y *Actinomyces viscosus* bacterias pioneras en la formación del biofilm dental. *KIRU*. 2016;13(2):181–6.

[4]. Cruz Quintana SM, Díaz Sjostrom P, Arias Socarrás D, Mazón Baldeón GM. Microbiota de los ecosistemas de la cavidad bucal. *Rev Cubana Estomatol* [Internet]. 2017;54(1):84–99. Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/est/v54n1/est08117.pdf>

[5]. Sameer Jaaz W, Salman Jawad O, Abid Al Hussein HJ. A Statistical Study on Microorganisms that Cause Tooth Decay and Prevention and Treatment Methods. *Indian J Forensic Med Toxicol* [Internet]. 2020;14(1):661–5. Available from: <https://web.b.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=09739122&AN=148347445&h=2bm002QITRm2U9g4GI74qhSnV7J9JumFSjoXGKpJ%2BurOZjV1w3K0tE1XOgEbFZefGRpglFxDjAYW7ZSw6dlCoA%3D%3D&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrINotAuth&crlhashurl=login.aspx%3Fdirect%3Dtrue%26profile%3Dehost%26scope%3Dsite%26authtype%3Dcrawler%26jrnl%3D09739122%26AN%3D148347445>

[6]. Barboza-Solis C, Acuña Amador LA. The Oral Microbiota: A Literature Review for

Updating Professionals in Dentistry. Part I. Odovtos Int J Dent Sci [Internet]. 2020;22(3):59–68. Available from: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2215-](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2215-34112020000300059&lng=en)

34112020000300059&lng=en

[7]. Heersema LA, Smyth HDC. A Multispecies Biofilm *In Vitro* Screening Model of Dental Caries for High-Throughput Susceptibility Testing. Vol. 8, High-Throughput. 2019.

[8]. Stifano M, Chimenos Küstner E, López López J, Lozano de Luaces V. Nutrición y prevención de las enfermedades de la mucosa oral. Odontol Prev [Internet]. 2008;1(2):65–72. Available from:

[https://www.researchgate.net/profile/Jose-Lopez-Lopez-](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Lopez-Lopez-6/publication/266271784_Nutricion_y_prevenccion_de_las_enfermedades_de_la_mucosa_oral/links/54ba46700cf29e0cb049f46a/Nutricion-y-prevencion-de-las-enfermedades-de-la-mucosa-oral.pdf)

[6/publication/266271784\\_Nutricion\\_y\\_prevenccion\\_de\\_las\\_enfermedades\\_de\\_la\\_mucosa\\_oral/links/54ba46700cf29e0cb049f46a/Nutricion-y-prevencion-de-las-enfermedades-de-la-mucosa-oral.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Lopez-Lopez-6/publication/266271784_Nutricion_y_prevenccion_de_las_enfermedades_de_la_mucosa_oral/links/54ba46700cf29e0cb049f46a/Nutricion-y-prevencion-de-las-enfermedades-de-la-mucosa-oral.pdf)

[9]. Jiang S, Gao X, Jin L, Lo ECM. Salivary Microbiome Diversity in Caries-Free and Caries-Affected Children. Vol. 17, International Journal of Molecular Sciences. 2016.

[10]. de João Malheiros V, Avila-Campos MJ. *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* y

*Fusobacterium nucleatum* en biopelículas subgingivales de pacientes brasileños con y sin enfermedad periodontal: comparación de dos métodos de detección. Odontol Sanmarquina [Internet]. 2018 Dec 10;21(4 SE-Artículos originales):268–77. Available from: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/odont/article/view/15554>

[11]. Castaños J, Tejedor B, Sanz de la Paz Y. Salud oral y rendimiento deportivo [Internet]. 2012. 5 p. Available from: <https://docplayer.es/16504309-Salud-oral-y-rendimiento-deportivo-javier-castanos-borja-tejedor-yolanda-sanz-de-paz.html>

[12]. Rocha Navarro ML, Serrano Reyes S, Fajardo Araujo ME, Servín Zavala VHG. Prevalencia y grado de gingivitis asociada a placa dentobacteriana en niños. Nov Sci [Internet]. 2014;6(12):190–218. Available from:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052014000200010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052014000200010)

[13]. Cacciola D, Muñoz Gómez G. Relación entre periodoncia y ortodoncia: complicaciones gingivales y efectos del tratamiento ortodóncico en el periodonto. Biociencias [Internet]. 2018;13(2):1–13. Available from: <https://revistas.uax.es/index.php/biociencia/article/view/1253>

[14]. Simoes e Martins DM. Efecto del extracto

natural de arándono rojo en la formación de un biofilm y en la viabilidad bacteriana en un modelo validado de biofilm oral *in vitro* [Internet]. Universidad Complutense de Madrid; 2019. Available from: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/57360/>

[15]. Benza-Bedoya R, Pareja-Vásquez M. Diagnóstico y tratamiento de la periodontitis agresiva. *Odontoestomatología* [Internet]. 2017;XIX(30):29–39. Available from: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/ode/v19n30/1688-9339-ode-19-30-00029.pdf>

[16]. Barbieri Petrelli G, Mateos Ramírez L, Bascones Martínez A. Papel del estrés en la etiopatogenia de la Enfermedad Periodontal. *Av Periodoncia* [Internet]. 2003;15(2):77–86. Available from: <https://scielo.isciii.es/pdf/peri/v15n2/original3.pdf>

[17]. Nart J. Tratamiento interdisciplinar en el paciente periodontal. *Periodoncia Clínica* [Internet]. 2016;I(5):118. Available from: [https://www.sepa.es/web\\_update/wp-content/uploads/2017/05/perio\\_5.pdf](https://www.sepa.es/web_update/wp-content/uploads/2017/05/perio_5.pdf)

[18]. Rioboo Crespo M, Bascones A. Factores de riesgo de la enfermedad periodontal: factores genéticos. *Av en Periodoncia e Implantol Oral* [Internet]. 2005;17(2):69–77. Available from: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1699-65852005000200003](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1699-65852005000200003)

[19]. González Navarro B, Pintó Sala X, Jané Salas E. Relación entre la enfermedad cardiovascular y la afección dental. Revisión sistemática. *Med Clin (Barc)* [Internet]. 2017;149(5):211–6. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025775317303809>

[20]. Tejerina Lobo J, Cuesta Frechoso S, Menéndez Collar M, Sicilia Felechosa A. ¿Existe relación entre enfermedad cardiovascular y periodontitis? *Av Periodoncia* [Internet]. 2003;15(3):113–9. Available from: <https://scielo.isciii.es/pdf/peri/v15n3/original1.pdf>

[21]. Alonso Rosado A, Hernández Marcos G, Pérez Gómez RMP. Evidencias científicas de la relación entre periodontitis y enfermedades cardiovasculares. *Av en Periodoncia e Implantol Oral* [Internet]. 2008;20(3):173–81. Available from: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1699-65852008000300005](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1699-65852008000300005)

[22]. Mesas AE, Andrade SM, Cabrera MAS, de Carvalho Bueno VLR. Oral health status and nutritional deficit in noninstitutionalized older adults in Londrina, Brazil. *Brazilian J Epidemiol.* 2010;13(3):434–45.

[23]. Chandan JS, Thomas T. Inflammatory bowel disease and oral health. *BDJ Team* [Internet]. 2017;4(5):17083. Available from:

<https://doi.org/10.1038/bdjteam.2017.83>

[24]. Figueroa C. Epidemiología de la enfermedad inflamatoria intestinal. *Rev Médica Clínica Las Condes* [Internet]. 2019;30(4):257–61. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864019300562>

[25]. Gay Escoda C, Vieira-Duarte Pereira DM, Ardèvol J, Pruna R, Fernández J, Valmaseda Castellón E. Estudio de la influencia de la salud bucodental en la condición física de los jugadores profesionales de fútbol del F.C. Barcelona. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* [Internet]. 2011;16(Esp):171–4. Available from: <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/145866>

[26]. Wolff F, Ribotta de Albera E, Jofre M. Riesgo de complicaciones perinatales en embarazadas con periodontitis moderada y severa, en la ciudad de Córdoba. Argentina. *Rev clínica periodoncia, Implantol y Rehab oral* [Internet]. 2010;3:73–8. Available from: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0719-01072010000200003&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-01072010000200003&nrm=iso)

[27]. Díaz Valdés L, Valle Lizama RL. Influencia de la salud bucal durante el embarazo en la salud del futuro bebé. *Gac Médica Espirituana* [Internet]. 2015;17(1):111–

25. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1608-89212015000100012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1608-89212015000100012)

[28]. Peña Sisto M, Peña Sisto L, Díaz Felizola Á, Torres Keiruz D, Lao Salas N. La enfermedad periodontal como riesgo de enfermedades sistémicas. *Rev Cubana Estomatol* [Internet]. 2008;45(1):1–9. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75072008000100006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072008000100006)

[29]. Palma C. Embarazo y salud oral. *Odontol Pediátrica* [Internet]. 2009;17(2):96–104. Available from: [https://www.odontologiapediatrica.com/wp-content/uploads/2018/05/136\\_original2172.pdf](https://www.odontologiapediatrica.com/wp-content/uploads/2018/05/136_original2172.pdf)

[30]. Mosmann JP, Talavera AD, Criscuolo MI, Venezuela RF, Kiguen AX, Panico R, *et al.* Sexually transmitted infections in oral cavity lesions: Human papillomavirus, Chlamydia trachomatis, and Herpes simplex virus. *J Oral Microbiol* [Internet]. 2019 Jan 1;11(1):1632129. Available from: <https://doi.org/10.1080/20002297.2019.1632129>

[31]. Günther S, Reinke PYA, Fernández-García Y, Lieske J, Lane TJ, Ginn HM, *et al.* X-ray screening identifies active site and allosteric inhibitors of SARS-CoV-2 main protease. *Science* (80-) [Internet]. 2021 May

7;372(6542):642 LP – 646. Available from:  
<http://science.sciencemag.org/content/372/6542/642.abstract>

[32]. Rhodes CJ. Magnetic Resonance Spectroscopy. *Sci Prog* [Internet]. 2017 Sep 1;100(3):241–92. Available from: <https://doi.org/10.3184/003685017X14993478654307>

[33]. Binshtein E, Ohi MD. Cryo-Electron Microscopy and the Amazing Race to Atomic Resolution. *Biochemistry* [Internet]. 2015 May 26;54(20):3133–41. Available from: <https://doi.org/10.1021/acs.biochem.5b00114>

[34]. Prestegard JH. A perspective on the PDB's impact on the field of glycobiology. *J Biol Chem* [Internet]. 2021;296:100556. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021925821003343>

[35]. Morales Salinas A, Baranchuk A, Bayés de Luna A. Colaboración íbero-americana en Medwave a propósito del Día Mundial del Corazón The World Heart Day prompts an Ibero-American collaboration. *Medwave* [Internet]. 2017;17(1):e6883. Available from: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Pe rspectivas/Editorial/6883.act?ver=sindisen o>

[36]. Domínguez Gutiérrez S. Consumo mediático de información científica entre estudiantes de educación superior. *Comun y*

*Soc* [Internet]. 2014;21:43–69. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sc i\\_arttext&pid=S0188-252X2014000100003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sc i_arttext&pid=S0188-252X2014000100003)

[37]. Matute-Riofrío C. Negligencia al cuidado dental. Revisión de la literatura. *Revista OACTIVA UC Cuenca* [Internet]. 2018;3(3):71–4. Available from: <https://oactiva.ucacue.edu.ec/index.php/oactiv a/article/view/266>

[38]. Wang H-C, Ko T-P, Wu M-L, Ku S-C, Wu H-J, Wang AH-J. Neisseria conserved protein DMP19 is a DNA mimic protein that prevents DNA binding to a hypothetical nitrogen-response transcription factor. *Nucleic Acids Res* [Internet]. 2012/02/28. 2012 Jul;40(12):5718–30. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22373915>

[39]. Glenwright AJ, Pothula KR, Bhamidimarri SP, Chorev DS, Baslé A, Firkbank SJ, et al. Structural basis for nutrient acquisition by dominant members of the human gut microbiota. *Nature* [Internet]. 2017;541(7637):407–11. Available from: <https://doi.org/10.1038/nature20828>

[40]. Mallorquí-Fernández N, Manandhar SP, Mallorquí-Fernández G, Usón I, Wawrzonek K, Kantyka T, et al. A New Autocatalytic Activation Mechanism for Cysteine Proteases Revealed by Prevothella intermedia Interpain A\*. *J Biol Chem* [Internet]. 2008;283(5):2871–

82. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021925820555361>
- [41]. Shibata S, Shoji M, Okada K, Matsunami H, Matthews MM, Imada K, *et al.* Structure of polymerized type V pilin reveals assembly mechanism involving protease-mediated strand exchange. *Nat Microbiol* [Internet]. 2020;5(6):830–7. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41564-020-0705-1>
- [42]. Reardon-Robinson ME, Osipiuk J, Chang C, Wu C, Jooya N, Joachimiak A, *et al.* A Disulfide Bond-forming Machine Is Linked to the Sortase-mediated Pilus Assembly Pathway in the Gram-positive Bacterium *Actinomyces oris*\*. *J Biol Chem* [Internet]. 2015;290(35):21393–405. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021925820449075>
- [43]. Zhou K, Fan X, Li Y, Zhang C, Jin T. High-resolution crystal structure of *Streptococcus agalactiae* glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase. *Acta Crystallogr Sect F* [Internet]. 2018 Apr 1;74(4):236–44. Available from: <https://doi.org/10.1107/S2053230X18003801>
- [44]. Madej M, White JBR, Nowakowska Z, Rawson S, Scavenius C, Enghild JJ, *et al.* Structural and functional insights into oligopeptide acquisition by the RagAB transporter from *Porphyromonas gingivalis*. *Nat Microbiol* [Internet]. 2020;5(8):1016–25. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41564-020-0716-y>
- [45]. Cerdà-Costa N, Guevara T, Karim AY, Ksiazek M, Nguyen K-A, Arolas JL, *et al.* The structure of the catalytic domain of *Tannerella forsythia* karilysin reveals it is a bacterial xenologue of animal matrix metalloproteinases. *Mol Microbiol* [Internet]. 2011 Jan 1;79(1):119–32. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.2010.07434.x>