

**REALIDAD AMUMENTADA EN
MICROBIOLOGÍA DE BACTERIAS
CARIOGÉNICAS**

DRA. MARCELA ALEJANDRA GLORIA GARZA

I. INTRODUCCIÓN

El descubrimiento de los microbios se remonta al siglo XVIII. Históricamente, Antonie van Leeuwenhoek fue la primer persona en observar microorganismos, posiblemente bacterias mientras analizaba su placa dental bajo un microscopio que el mismo construyó, sentando las bases de la microbiología (Gao et al. 2018; Radaic & Kapila, 2021). A finales de la década de 1670, Leeuwenhoek informó a la Royal Society británica que varias formas de microbios estaban presentes en la placa que se encontraba en las superficies de los dientes.

El dentista estadounidense W.D. Miller estudió la asociación entre los microbios orales y las enfermedades bucales a finales del siglo XIX, además de proponer la “teoría químico-parasitaria”, que sostenía que la principal causa de las caries dentales era el ácido metabolizado del azúcar de los alimentos por los microbios bucales. Sin embargo, no logró identificar las bacterias cariogénicas y se centró en los ácidos como metabolitos bacterianos en lugar de en las bacterias que producían estos metabolitos.

El descubrimiento de los *Streptococcus* del grupo mutans en la cavidad oral se generó a mediados del siglo XX (Yamashita & Takeshita, 2017).

Los miembros del grupo mutans, *Streptococcus mutans* y *Streptococcus sobrinus*, han sido identificados como las principales especies con alto potencial cariogénico (Bloch et al. 2024).

La caries dental es una enfermedad bacteriana que afecta el tejido duro del diente y que se forma a través de una reacción compleja a lo largo del tiempo entre microorganismos productores de ácido y carbohidratos fermentables de la dieta que proceden a la formación de la caries dental (Zewdu et al. 2021). Debido a la relevancia de *S. mutans* y *S. sobrinus* en la etiología de la caries dental, es la importancia de identificarlas y observarlas.

La microscopía es una técnica que se utiliza en microbiología para identificar y observar bacterias, utilizando tinciones que permiten observar la morfología, las características de la pared celular bacteriana o la presencia de estructuras especiales como cápsula o esporas. La implementación de nuevas herramientas tecnológicas y de innovación educativa para el proceso de enseñanza-aprendizaje significativo puede contribuir a fortalecer las técnicas microbiológicas básicas para identificar y observar bacterias cariogénicas.

La realidad aumentada (RA) se define como un conjunto de tecnologías que permiten superponer imágenes o información sobre el mundo real (Xie et al. 2022). La RA puede mejorar significativamente el rendimiento humano, especialmente en el ámbito educativo. Esta tecnología es una herramienta importante para facilitar la adquisición de competencias en habilidades de visualización espacial y como fuente de motivación para el aprendizaje (Fombona-Pascual et al. 2022). En los últimos tiempos, la odontología ha experimentado avances tecnológicos significativos que han transformado varias áreas especializadas dentro del campo.

Desarrollada en aplicaciones para dispositivos móviles, la RA fusiona los componentes digitales con el mundo físico, mejorando ambos reinos al tiempo que mantiene su separación individual (Kanwal et al. 2024). Los estudiantes de odontología deben aprender microbiología para identificar a los principales microorganismos relacionados al desarrollo de la caries dental. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es la aplicación de la realidad aumentada en microbiología para identificar y observar bacterias cariogénicas.

- Unidad de aprendizaje: Microbiología
- Campo disciplinar: Ciencias experimentales-biología

II. PROPÓSITO Y OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Propósito

Aplicación de la realidad aumentada en microbiología para identificar y observar bacterias cariogénicas.

Objetivos de aprendizaje

- Integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)
- Experiencia innovadora, en entornos interactivos, inmersivos y tridimensionales
- Desarrollo profesional permanente en cualquier lugar, tiempo y ubicación.
- Facilitar la adquisición de competencias y actualización de conocimientos
- Integración de las Tecnologías del Aprendizaje y la Comunicación (TAC)
- Incremento de la productividad, atención y motivación

III. COMPETENCIAS

• Genéricas:

- Manejar las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas para el acceso a la información y su transformación en conocimiento, así como para el aprendizaje y trabajo colaborativo con técnicas de vanguardia que permitan su participación constructiva en la sociedad.
- Desarrollar habilidades en la búsqueda efectiva y vera de la información científica.
- Desarrollar pensamiento crítico y trabajo colaborativo para el aprendizaje.

• Atributos:

- Desarrollar el pensamiento crítico con el uso de la tecnología aplicado a la ciencia.
- Facilita la formación, permitiendo un aprendizaje mucho más versátil y llamativo.
- Experiencia educativa inmersiva, que brinda una cantidad importante de información accesible, visual y localizada.

• Disciplinarias:

- Tener conocimiento de las principales bacterias cariogénicas relacionadas al desarrollo de la caries dental.
- Conocer las estructuras que componen a la célula bacteriana.
- Conocer el método científico y tener capacidad crítica para valorar los conocimientos establecidos y la información novedosa.

1. CONTENIDOS

• Conceptuales:

- Realidad aumentada
- Aplicaciones de la realidad aumentada
- Realidad aumentada en la educación

• Procedimentales:

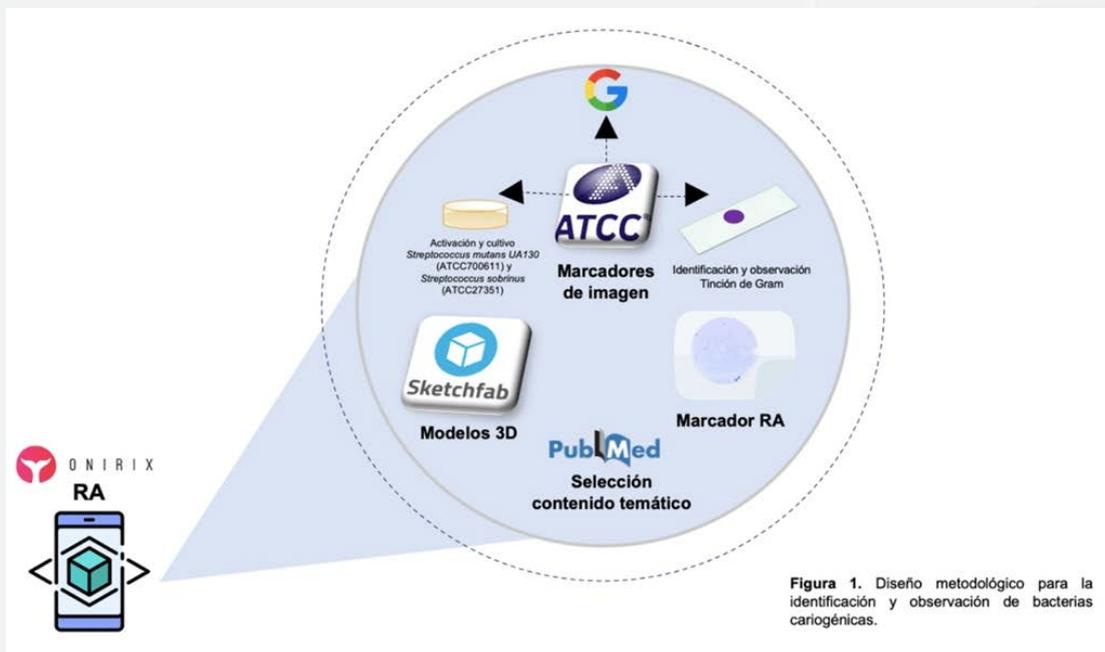


Figura 1. Diseño metodológico para la identificación y observación de bacterias cariogénicas.

• Actitudinales:

- Disciplinado
- Participación
- Comprometido
- Organizado
- Disponibilidad para aprender

2. ESTRATEGIA DIDÁCTICA O PROYECTO

Aplicación de RA en microbiología para identificar y observar bacterias cariogénicas: *S. mutans* y *S. sobrinus*, como herramienta tecnológica para el proceso de enseñanza-aprendizaje en estudiantes de segundo semestre de la unidad de aprendizaje de Microbiología durante el periodo enero-junio 2024 del Programa Educativo de la Licenciatura de Cirujano Dentista de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Se realizó la selección del contenido temático: características morfológicas y de la pared celular bacteriana de las bacterias cariogénicas *S. mutans* y *S. sobrinus*.

Para la creación de la experiencia de RA se utilizó la plataforma escalable Onirix, la selección de marcadores se realizó utilizando el buscador de google para imágenes, así como diseño de microfotografías de elaboración propia al realizar cultivo bacteriano y tinción de Gram. La plataforma Sketchfab se utilizó para los modelos 3D, mientras que para la información del contenido temático se utilizó la base de datos Pubmed. Los marcadores para las escenas de RA se imprimieron en papel opalina. Para la participación y evaluación de la experiencia inmersiva se realizó una invitación a los estudiantes para que de forma voluntaria y bajo consentimiento informado participaran. La evaluación se realizó mediante una encuesta en la aplicación FORMS para evaluar la aceptación, satisfacción y retroalimentación de la experiencia. Cada pregunta se calificó mediante la escala de Likert de 1 a 5, el análisis de los datos mediante frecuencias representado en porcentaje. El vaciado de datos fue realizado con el paquete estadístico Excel.

• **Conocimientos previos:**

- Microbiología como ciencia
- Bacterias cariogénicas
- Caries dental

• **Ambiente de aprendizaje:**

- Combinación del mundo real y el mundo virtual.
- Autodirigido
- Experiencia realista
- Innovador
- Interactivo en tiempo real
- Inmersivo
- Versátil

3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

• **Realidad aumentada**

Es una herramienta tecnológica que utiliza principalmente imágenes para capturar escenas del mundo real para localizar y superponer las imágenes virtuales o animaciones en un cálculo en tiempo real en el sistema y presentarlas a través de un indicador de realidad aumentada. Existen tres características de la realidad aumentada: integrar objetos reales y virtuales en la realidad, colaboración entre objetos reales y virtuales, e interacción en tiempo real entre objetos reales y virtuales. Las imágenes generadas a través de la realidad aumentada pueden mejorar significativamente la experiencia inmersiva visual en la vida real (Chen & Lai, 2021).

• Aplicaciones de la realidad aumentada

La aplicación de RA en marketing, turismo, videojuegos, logística empresarial, diseño, medicina, odontología e industria ha representado un desarrollo tecnológico global importante (Sharmin et al. 2022). La razón principal por la que la realidad aumentada se está volviendo cada vez más popular es que esta tecnología ha demostrado brindar información y servicios más personalizados a nuevas experiencias interactivas y altamente dinámicas que cumplen con las necesidades únicas de la mayoría de las personas, en diferentes las diferentes áreas de aplicación (Chen & Lai, 2021).

• Realidad aumentada en la educación

El desarrollo tecnológico global de la RA es importante, y en la educación ha generado un impacto positivo en los resultados académicos de su implementación. La RA es una herramienta que cambia la enseñanza tradicional generando motivación en los estudiantes. La investigación actual destaca que esta herramienta del aprendizaje por computadora, tableta o dispositivos móviles mejora los resultados de los estudiantes con bajo rendimiento, además de desencadenar una actitud positiva (Sharmin et al. 2022). La RA es considerada una importante herramienta para mejorar el aprendizaje, y proporcionar a los estudiantes una experiencia innovadora, interactiva e inmersiva (Geng et al. 2020, Xie et al. 2022).

- Metodología
- Desarrollo Realidad Aumentada
- Selección de contenido temático

Se realizó la selección del contenido temático en base a las competencias específicas que contribuyan al aprendizaje, el tema seleccionado: bacterias cariogénicas. La información se obtuvo mediante la revisión de la literatura científica actualizada de la base de datos Pubmed.

• Creación de escenas de realidad aumentada

Se utilizó la plataforma escalable Onirix, para la creación de escenas de realidad aumentada. Para el uso de la plataforma se realizó el registro y la activación de la cuenta. Se realizó la creación del proyecto con el nombre de RA-Bacterias cariogénicas.

• Selección y diseño de marcadores

La selección de marcadores se realizó en base al contenido temático de cada escena. Los marcadores para las escenas de identificación y observación microscópica de *S. mutans* y *S. sobrinus* se obtuvieron del diseño de microfotografías de elaboración propia al realizar cultivo bacteriano y tinción Gram.

- Cultivo bacteriano

La cepas utilizadas en este estudio fueron *S. mutans* UA130 (ATCC700611) y *S. sobrinus* (ATCC27351) principales agentes etiológicos de caries dental. Las condiciones de cultivo y crecimiento se basaron en las especificaciones técnicas de la American Type Culture Collection (ATCC). Las bacterias se subcultivaron a 37° C por 48 h en placas de agar infusión cerebro-corazón (BHI, Becton Dickinson Bioxon®, México). Posteriormente *S. mutans* se cultivó en placas de agar selectivo mitis-salivarius (M-S agar, Difco Laboratories, Detroit Mich.) y fueron incubadas durante 24 h a 37° C (Thermo Scientific Lab-Line Incubator, USA) en condiciones anaeróbicas. *S. mutans* y *S. sobrinus* se inocularon en tubos de ensayo que contenían 10ml de caldo infusión cerebro-corazón (BHI) durante 6 h a 37°.

- Tinción de Gram

Se tomó un inóculo de *S. mutans* y *S. sobrinus* y se fijaron al portaobjetos sobre la flama del mechero (Bunsen), se realizó tinción de gram agregando 1 gota de colorante cristal violeta (Sigma-Aldrich) por 1 minuto y después se lavó con agua, posteriormente se añadió 1 gota de yodo o lugol durante 1 minuto y se enjuagó con agua, enseguida se agregó 1 gota de alcohol- acetona durante 3-5 segundos y se lavó con agua, finalmente se agregó 1 gota del colorante de contraste safranina durante 1 minuto y se lavó con agua. Las bacterias se analizaron en un microscopio óptico (Solomark,20X-1280X, Germany).

- Captura de microfotografías

Se realizó la toma de microfotografías utilizando una cámara Dual 12+12 megapíxeles, f/1.8 y f/2.8, IOS, grabación 4k @60fps, flash 4 LED.

- Selección de modelos 3D

La selección de modelos 3D se realizó a través de la plataforma 3D Sketchfab. Para el uso de la plataforma se realizó el registro y la creación de una cuenta. La selección de modelos se realizó en base al contenido temático de cada escena.

- Marcadores de Realidad Aumentada

Los marcadores para la RA se imprimieron en hoja opalina.

- Participación de estudiantes

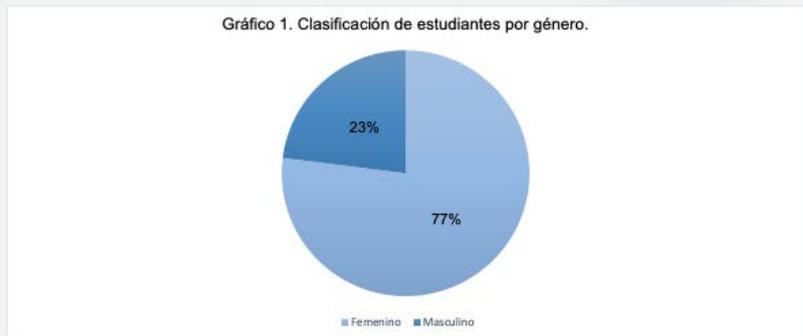
Se invitó a participar a los estudiantes de la asignatura de microbiología de forma voluntaria en el proyecto de “Realidad aumentada en microbiología de bacterias cariogénicas” bajo consentimiento informado. Para la evaluación de la experiencia RA se invitó a los estudiantes a participar de forma voluntaria en una encuesta mediante la aplicación FORMS para evaluar la aceptación, satisfacción y retroalimentación de la experiencia.

• Análisis de resultados

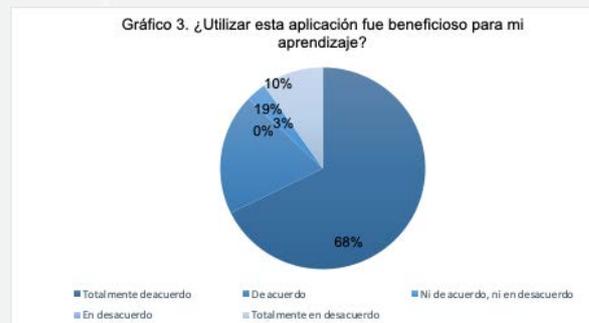
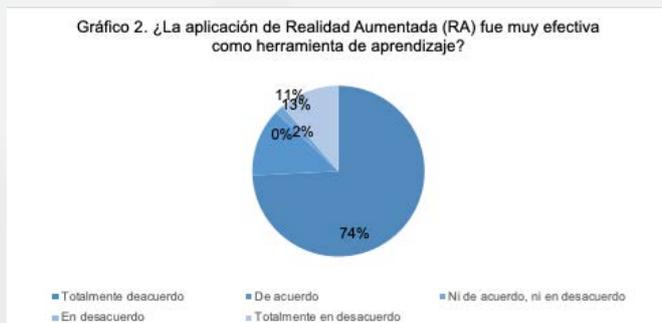
En la encuesta cada pregunta se ponderó en base a la escala de Likert de 1 a 5, el análisis de los datos mediante frecuencias representado en porcentaje. El vaciado de datos fue realizado con el paquete estadístico Excel.

4. RESULTADOS

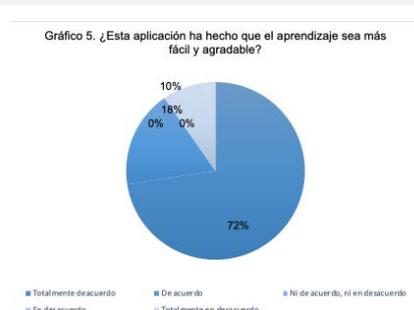
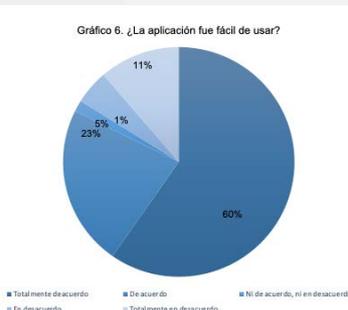
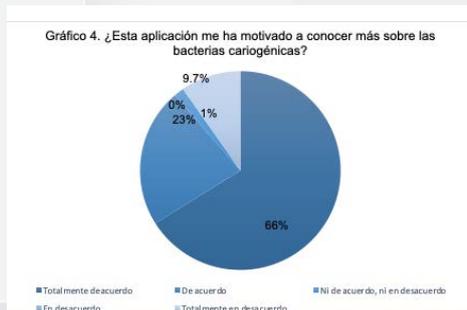
En la presente investigación participaron 62 estudiantes que pertenecen a la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Nuevo León, de la asignatura de microbiología ubicada en el segundo semestre del plan curricular. El 23% fueron del género masculino y el 77% femenino (Gráfico. 1).



En los resultados obtenidos de la evaluación cuantitativa se identificó que el 74% de los estudiantes estuvo totalmente de acuerdo que la aplicación de RA fue muy efectiva como herramienta de aprendizaje (Gráfico.2), el 68% afirmó que la aplicación fue beneficiosa para su aprendizaje (Gráfico 3).



El 66% de los estudiantes estuvo totalmente de acuerdo que la aplicación los motivó a conocer más sobre las bacterias cariogénicas (Gráfico.4). El 72% de los estudiantes afirmaron que el aprendizaje mediante la aplicación fue más fácil y agradable (Gráfico.5) y el 59.7% de los estudiantes afirmaron que es de fácil uso (Gráfico.6).



El 69% de los estudiantes afirmaron que recomendarían la aplicación a sus compañeros de clase (Gráfico.7), mientras que el 72% estuvo totalmente de acuerdo que el contenido de la aplicación fue adecuado para su aprendizaje (Gráfico.8), el 64% afirmó que utilizaría el recurso educativo en otras asignaturas (Gráfico.9) y el 60% que la aplicación le permitió estudiar y practicar a su propio ritmo de trabajo (Gráfico.10).

Gráfico 7. ¿Recomendaría usar esta aplicación a mis compañeros de clase?

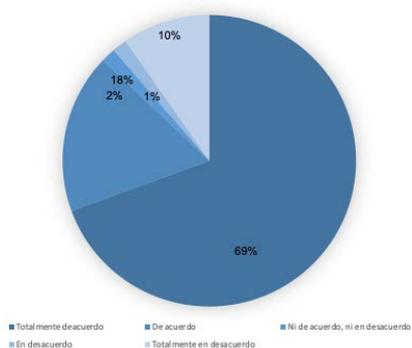


Gráfico 8. ¿El contenido de la aplicación fue adecuado para mi aprendizaje?

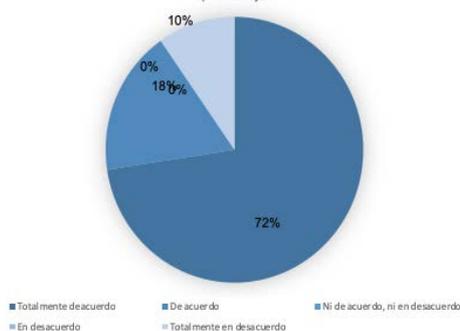


Gráfico 9. ¿Quiero usar más la aplicación y en otras unidades de aprendizaje?

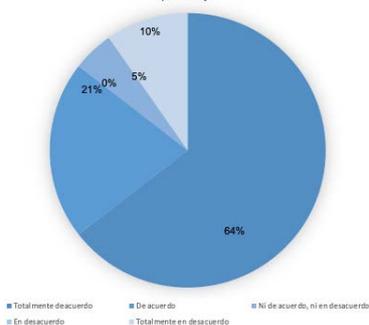
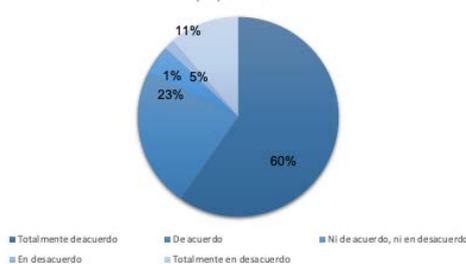


Gráfico 10. ¿Al usar esta aplicación, puedo estudiar y practicar a mi propio ritmo?



Conclusiones

La aplicación de la RA en varios sectores educativos y en particular en el nivel universitario puede ser considerada una herramienta tecnológica importante para facilitar la incorporación de innovación educativa de forma sistemática y eficiente, que le permita a los estudiantes adquirir las competencias necesarias para su desarrollo científico-académico.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS

- Bloch, S., Hager-Mair, F. F., Andrukhov, O., & Schäffer, C. (2024). Oral streptococci: modulators of health and disease. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 14, 1357631. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1357631>
- Chen, C. A., & Lai, H. I. (2021). Application of augmented reality in museums - Factors influencing the learning motivation and effectiveness. *Science progress*, 104(3_suppl), 368504211059045. <https://doi.org/10.1177/00368504211059045>
- Dhar, P., Rocks, T., Samarasinghe, R. M., Stephenson, G., & Smith, C. (2021). Augmented reality in medical education: students' experiences and learning outcomes. *Medical education online*, 26(1), 1953953. <https://doi.org/10.1080/10872981.2021.1953953>
- Fombona-Pascual, A., Fombona, J., & Vicente, R. (2022). Augmented Reality, a Review of a Way to Represent and Manipulate 3D Chemical Structures. *Journal of chemical information and modeling*, 62(8), 1863–1872. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.1c01255>
- Gao, L., Xu, T., Huang, G., Jiang, S., Gu, Y., & Chen, F. (2018). Oral microbiomes: more and more importance in oral cavity and whole body. *Protein & cell*, 9(5), 488–500. <https://doi.org/10.1007/s13238-018-0548-1>
- Geng, J., Song, X., Pan, Y., Tang, J., Liu, Y., Zhao, D., & Ma, Y. (2020). A systematic design method of adaptive augmented reality work instruction for complex industrial operations. *Computers in Industry*, 119, 103229.
- Radaic, A., & Kapila, Y. L. (2021). The oralome and its dysbiosis: New insights into oral microbiome-host interactions. *Computational and structural biotechnology journal*, 19, 1335–1360. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.02.010>
- Sharmin, N., Chow, A. K., Votta, D., & Maeda, N. (2022). Implementing Augmented Reality to Facilitate the Learning of Oral Histology. *Healthcare informatics research*, 28(2), 170–175. <https://doi.org/10.4258/hir.2022.28.2.170>
- Yamashita, Y., & Takeshita, T. (2017). The oral microbiome and human health. *Journal of oral science*, 59(2), 201–206. <https://doi.org/10.2334/josnusd.16-0856>
- Xie, J., Chai, J. J. K., O'Sullivan, C., & Xu, J. L. (2022). Trends of Augmented Reality for Agri-Food Applications. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(21), 8333. <https://doi.org/10.3390/s22218333>
- Zewdu, T., Abu, D., Agajie, M., & Sahilu, T. (2021). Dental caries and associated factors in Ethiopia: systematic review and meta-analysis. *Environmental health and preventive medicine*, 26(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s12199-021-00943-3>

6. ANEXOS

El 69% de los estudiantes afirmaron que recomendarían la aplicación a sus compañeros de clase (Gráfico.7), mientras que el 72% estuvo totalmente de acuerdo que el contenido de la aplicación fue adecuado para su aprendizaje (Gráfico.8), el 64% afirmó que utilizaría el recurso educativo en otras asignaturas (Gráfico.9) y el 60% que la aplicación le permitió estudiar y practicar a su propio ritmo de trabajo (Gráfico.10).

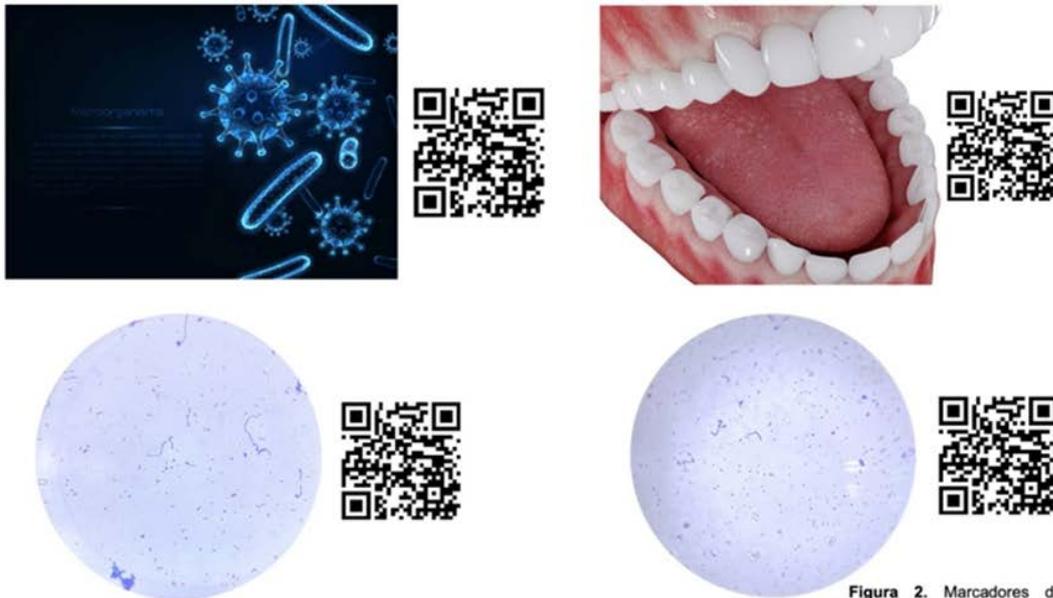


Figura 2. Marcadores de RA para la identificación y observación de bacterias cariogénicas.



Streptococcus mutans

Características generales S. mutans

- Microorganismo: Bacteria patógena
- Morfología: Cocos (ovalados "formas mutantes de estreptococos")

Figura 3. Modelo 3D y marcador de RA para la identificación y observación de bacterias cariogénicas.

SEMBLANZA

Dra. en C. Marcela Alejandra Gloria Garza

marcela.gloriagz@uanl.edu.mx



La Dra. Marcela Alejandra Gloria Garza es Cirujano dentista por la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con Maestría en Salud Pública por la Facultad de Salud Pública y Nutrición y Doctorado en Ciencias con Especialidad en Microbiología por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Profesora de Tiempo Completo de la Facultad de Odontología de la UANL con perfil PRODEP y miembro de la Honorable Comisión Académica. Actualmente imparte las asignaturas de Microbiología y Técnicas Básicas en Biotecnología. Pertenece al Cuerpo Académico de Biología Celular, su línea de investigación es la validación y caracterización de la actividad biológica de productos naturales. Ha presentado sus trabajos de investigación en congresos nacionales e internacionales, además ha participado en la publicación de artículos científicos, es autora de 2 libros y 9 capítulos de libro, cuenta con 2 patentes nacionales otorgadas. Miembro del Comité Científico-Académico de la revista Universitas Odontológica de la Facultad de Odontología de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia y Miembro de la American Society for Microbiology (ASM).