



finis
Universidad Finis Terrae
Facultad de Odontología

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

ESCUELA DE ODONTOLOGIA

**EVIDENCIA ACTUAL SOBRE EL DIAGNOSTICO DE CARIES A TRAVES DEL
USO DE SISTEMAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL DE LOS ULTMOS 10 AÑOS;
REVISION NARRATIVA SISTEMATIZADA DE LA LITERATURA.**

ISAAC LEYTON REYES

Tesis presentada a la Facultad de Odontología de la Universidad Finis Terrae
para optar al grado de Cirujano Dentista.

Profesor guía: Macarena Morales

Santiago, Chile

2023

AGRADECIMIENTOS

Con la entrega de esta tesis doy por finalizada una de las etapas más caóticas e importantes de mi vida, solo me queda agradecer a quienes de una u otra manera aportaron un grano de arena para que esto fuera posible.

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la oportunidad de estudiar y poner a las personas correctas en el momento y lugar correcto en mi vida, agradezco a mis padres que han sido un pilar fundamental en todo este proceso, siendo mi mayor apoyo y contención en los momentos difíciles.

Agradezco a los profesores que con tanto esmero me instaron a seguir, me motivaron de una u otra manera impulsándome a creer en mi mismo y potenciar mis fortalezas, también agradecer a mis compañeros y amigos en este camino, que hicieron mas ameno este largo proceso, agradezco cada risa, cada abrazo, cada palabra de apoyo entregada que me hicieron ver que no estaba solo en este proceso.

Agradezco de manera especial al doctor Ricardo Álvarez por ayudarme elaborar un tema para investigar, agradezco a mis docentes tutores en la carrera que de una u otra forma me ayudaron a mejorar y a crecer como persona, alumno y futuro profesional.

Agradezco de manera especial a la doctora Macarena Morales, por siempre confiar en mi y en mis momentos de debilidad darme palabras de aliento que me instaron fuertemente a seguir adelante y no darme por vencido

Si bien esta tesis marca el fin de un ciclo, espero marque también el inicio de un nuevo ciclo en mi vida, y poder ser un aporte en el ámbito profesional que estoy prontamente a comenzar.

Isaac Leyton Reyes

INDICE

1. RESUMEN	5
2. INTRODUCCION	6
3. MARCO TEORICO	7
3.1 Caries	7
3.2 Sistema COPD/ceod	10
3.3 Sistema ICDAS/códigos ICDAS	11
3.4 Sistema ICCMS	13
3.5 Inteligencia artificial	19
4. OBJETIVOS	23
4.1 Objetivo general/ específicos	23
5. MATERIAL Y METODOS	24
5.1 Diseño del estudio	24
5.2 Criterios y términos de búsqueda	25
5.3 Criterios de inclusión/exclusión	26
5.4 Cuadro resumen.	26
5.5 Flujograma	28
5.6 Aspectos éticos	28
6. RESULTADOS	29
6.1 Tabla resumen	29
7. DISCUSION	36
8. CONCLUSION	44
9. ANEXOS	45
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	46

1. RESUMEN

La caries dental es una enfermedad microbiológicamente inducida llegando a ser una de las enfermedades bucales de mayor prevalencia en Chile y el mundo, es por esto por lo que cada vez es más importante un diagnóstico precoz de la enfermedad para realizar tratamientos oportunos lo menos invasivo posibles con el fin de preservar la mayor cantidad de tejido dentario posible.

Con el avance de las tecnologías, hoy en día existen una gran variedad de herramientas que le ayudan al odontólogo en el diagnóstico de caries, y si bien el examen clínico visual resulta ser efectivo en el diagnóstico de caries, muchas veces es necesario el uso de exámenes complementarios (como radiografías) para establecer diagnósticos precisos, ya que muchas veces las lesiones no son visibles a simple vista. En la actualidad existen diversos sistemas de inteligencia artificial que prometen ayudar al odontólogo en el diagnóstico de caries de manera precisa y eficaz, ya que, al ser sistemas entrenados principalmente para el análisis de imágenes, le permitirían al odontólogo ganar algo de tiempo en la práctica clínica, pero ¿Qué tan efectivos son estos sistemas? ¿es realmente posible el diagnóstico de caries a través de sistemas de inteligencia artificial? El objetivo de este estudio es revisar la evidencia científica disponible sobre los posibles usos y límites de los distintos sistemas de inteligencia artificial en el diagnóstico de caries.

Palabras Clave: *Artificial intelligence, Caries, Caries diagnosis*

2. INTRODUCCION

En el mundo actual, donde la tecnología crece a pasos agigantados, la inteligencia artificial llegó a revolucionar la manera en la que se hacen las cosas, en un mundo que apunta cada vez más hacia la automatización, la inteligencia artificial (I.A) resulta ser una excelente opción en distintas áreas, como la medicina, psiquiatría, odontología, etc. Se trata de una herramienta que usa la inteligencia humana como parámetro de comparación e imitación, basados en algoritmos lógicos de aprendizaje los cuales, mediante procesadores de recolección de información disponible en la red, trata de imitar la capacidad de aprendizaje humano. Actualmente, en el área odontológica también se la ha dado gran variedad de usos a la I.A, como una herramienta útil en la detección de patologías o lesiones características de la cavidad oral, pero la pregunta es ¿Qué tan efectiva es la I.A. en la práctica clínica? En la actualidad existen una gran variedad de patologías que pueden afectar la cavidad oral, siendo la caries dental la patología de mayor prevalencia en Chile y el mundo por lo que encontrar herramientas que nos faciliten el diagnóstico oportuno y la detección de este tipo de lesiones es fundamental en la práctica odontológica. (9, 10, 11)

La detección precoz de la caries juega un papel fundamental en la odontología moderna debido a que un tratamiento precoz evita que las lesiones de caries progresen a estados más severos en los cuales hay un mayor compromiso de la estructura dentaria.

¿Es posible que programas basados en inteligencia artificial puedan establecer diagnósticos precisos de lesiones de caries hoy en día? ¿podría la inteligencia artificial llegar a reemplazar el criterio diagnóstico del cirujano dentista en el futuro? El motivo del presente estudio desea obtener una visión más clara de lo que realmente puede hacer o no la I.A en la actualidad en la práctica odontológica y si es que podría llegar a ser una herramienta aliada o una inminente amenaza para el odontólogo.

3. MARCO TEORICO

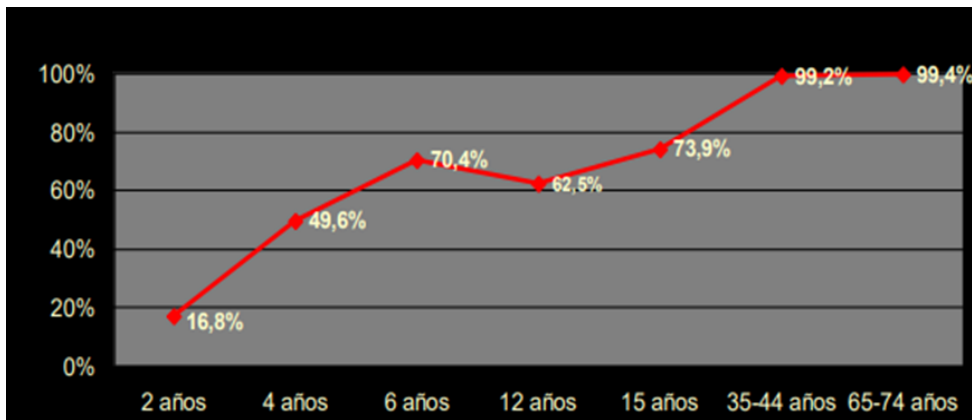
3.1. Caries

La caries dental es una enfermedad crónica multifactorial y microbiológicamente inducida que se origina a partir del biofilm dental, el cual en condiciones fisiológicas está compuesto por microorganismos que se podría decir que son compatible con salud “microbiota oral normal o residente” compuesta en su mayoría por bacterias aeróbicas, entonces podríamos decir que para que se forme la caries es necesaria la presencia de bacterias (2).

La microbiota normal al ser expuesta de manera repetida a la presencia de carbohidratos fermentables, como el azúcar principalmente, experimenta un cambio en la composición de sus grupos bacterianos, siendo *S. mutans* el Microorganismo más estudiado debido a su marcada capacidad acidogénica y aciduria (1), sin embargo, debe quedar claro que son múltiples las comunidades bacterianas implicadas en el desarrollo de la lesión de caries, motivo por el cual tampoco se ha logrado conseguir una terapia antibiótica específica en el tratamiento de la lesión de caries .

La lesión de caries entonces se podría decir que es originada por un desequilibrio entre los componentes fisiológicos de protección que funcionan normalmente en el medio bucal (2) (capacidad buffer de la saliva por ejemplo) potenciado con un desequilibrio en el consumo de carbohidratos fermentables ricos en azúcares, sumado a una higiene dental pobre genera un cambio en la microbiota oral residente a una microbiota patógena; y los azúcares consumidos en la dieta son fermentados por las bacterias cariogénicas parte de esta microbiota patógena responsable de la producción de ácidos que terminan con la desmineralización del diente , cuando los mecanismos fisiológicos de protección se ven sobrepasados por esos factores, se crea un ambiente más ácido resultando en una desmineralización del tejido dentario donde su signo clínico característico es la lesión de caries, la cual puede estar cavitada o no según el grado de avance y antigüedad de la lesión. (3)

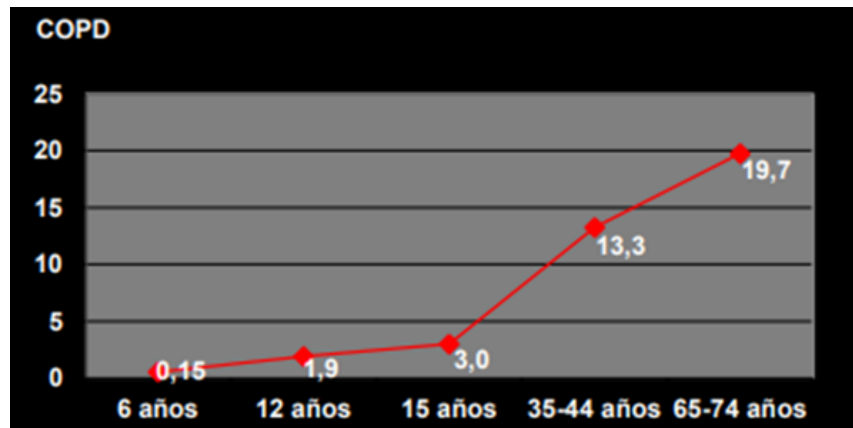
La Caries dental es una enfermedad que afecta a personas de todas las edades, pudiéndose iniciar desde edades tempranas ya que al momento de la erupción del primer diente temporal si es que las condiciones son propicias para las bacterias puede comenzar el proceso de la lesión de caries el cual va aumentando a medida que van erupcionando los dientes. (3 -4)



(Fig. 1) Prevalencia de caries en Chile de 2 a 74 años.(4)

Se observa que la prevalencia de caries va desde los 16.8% a los 2 años aumentando hasta casi un 100% de la población al llegar a los 65 -74 años, aunque es necesario realizar una actualización de estas cifras.

(Fig. 2) Daño por caries en dentición definitiva de 6 – 74 años según índice COPD.(4)



Se puede observar que la severidad de la caries dental aumenta con la edad, notándose un aumento significativo en el índice COPD a la edad de 15 años en adelante, llegando en promedio a un valor de índice COPD de 19,7 a la edad de 65 – 74 años. (4)

En su estado inicial la lesión de caries se limita al esmalte dental generando microporosidades en la subsuperficie del esmalte observando un leve cambio de color u opacidad (lesión de mancha blanca) que solo es perceptible ante un ojo experto, si se mantienen las condiciones ácidas, la lesión sigue avanzando y lo que en un principio afectaba solo esmalte comienza a afectar más estructura dentaria, la dentina se comienza a afectar volviendo al diente más susceptible ya que en la dentina están ubicados los túbulos dentinarios, los que están en estrecha relación con el componente nerviosos del diente, generando molestias y dolor en un principio, pudiendo llegar incluso a afectar la pulpa dental lo que resulta en un tratamiento endodóntico para tratar la infección o incluso terminar en la pérdida total del diente afectado.(6,7,8)

Actualmente los métodos de detección de caries son variados, desde un examen clínico de rutina con instrumental básico (bandeja de examen) que según el grado de avance de la lesión en ocasiones resulta evidente a simple vista, en otras ocasiones la lesiones no son visibles a simple vista y se requiere de un examen clínico más minucioso y en otro casos resultan ser hallazgos radiográficos en lesiones proximales por ejemplo, en otras la lesión de caries genera molestias, dolor por ejemplo, lo cual se transforma en el principal motivo de consulta de los pacientes siendo la pulpitis uno de los principales motivos de urgencias dentales(5), la cual resulta de una infección que ha afectado el diente llegando a la pulpa de este, provocando un estado inflamatorio agudo reversible en un principio el cual se manifiesta con dolor intenso, provocado generalmente a la masticación o frente a estímulos fríos o calientes que si no es tratado a tiempo, se produce un estado inflamatorio irreversible terminando con la necrosis final del órgano pulpar lo que solo es tratable con un tratamiento endodóntico o extracción del diente.

Es necesario instrumentos calibrados en la detección de caries, siendo el odontólogo el principal instrumento en la detección, por lo que es de suma importancia contar con un sistema de detección de caries que sea reproducible entre los distintos examinadores de manera que se realice con el menor margen de error posible. Actualmente los sistemas más utilizados en la detección de caries en Chile y el mundo son el sistema COPD/ceod y el sistema ICDAS.

3.2. Sistema COPD/ceod.

El sistema COPD/ceod es un instrumento fundamental en la detección y cuantificación del estado de salud bucal respecto a caries ya que con este se puede cuantificar la prevalencia de caries dental en un individuo o en una determinada población además de expresar la experiencia de caries de cada sujeto. (7)

El índice considera los dientes permanentes que al momento del examen se encuentran cariados, obturados o perdidos/extraídos a causa de caries (con confirmación del paciente) donde a cada uno se le asigna un valor de 1, en casos que un diente se encuentra obturado y cariado a la vez se considera solo el estado más grave por lo que se cuenta como 1, y el resultado será la sumatoria de los dientes permanentes cariados, obturados o extraídos por caries, cabe mencionar que este índice no considera los terceros molares por lo que solo considera 28 dientes.(7)

Para comprender mejor el índice, es necesario desglosar cada una de las letras que componen la palabra COPD/ceod las cuales por sí sola representan lo siguiente:

Cariado (C) presencia de lesión de caries cavitada observable al examen visual clínico.

Obturado (O) presencia de material restaurador permanente.

Perdido por caries (P) Extracción a causa de caries.

Diente (D).

Tabla I. Características de indicadores ceod/COPD y sistema ICDAS™.

Indicador	Características
ceod	Muestra la historia de caries. Se realiza en un máximo de 20 dientes temporales, el índice es la suma de las 3 variables que evalúa: c: lesiones de caries cavitadas con dentina expuesta e: dientes extraídos por caries o: dientes obturados por caries
COPD	Muestra la historia de caries. Se realiza en 28 o 32 dientes permanentes, el índice es la suma de las 3 variables que evalúa: C: lesiones de caries cavitadas con dentina expuesta O: dientes obturados por caries P: dientes perdidos por caries

(Fig.3) características de indicadores ceod/COPD.(6)

Las letras ceod son una adaptación del índice CPOD para ser aplicado solo en dentición primaria, por lo que el índice ceod no considera dentición permanente y los criterios de evaluación son similares al COPD solo que considera los 20 dientes de la dentición temporal y en extraídos hay que asegurarse de que el motivo de la pérdida no sea a causa de la exfoliación normal parte del crecimiento y desarrollo, si no que sea perdido a causa de caries. (7)

El COPD/ceod presenta algunas limitaciones tales como el hecho de no considerar las lesiones de caries en sus etapas iniciales (mancha blanca) ya que considera solo lesiones cavitadas y visibles a simple vista, por lo que se han diseñado instrumentos más específicos para la evaluación clínica de caries como el sistema ICDAS el cual considera lesiones de caries en sus estados iniciales. (7)

3.3 Sistema ICDAS. (8)

El sistema internacional para el diagnóstico y detección de caries o por sus siglas ICDAS, es otro instrumento fundamental en la evaluación y diagnóstico de caries que al igual que el COPD se basa en un examen clínico que permite la detección visual de lesiones de caries. (8). Presenta mayor sensibilidad y especificidad que el índice COPD ya que permite una evaluación de caries que considera la lesión en sus etapas iniciales permitiendo realizar una detección oportuna de lesiones de caries y entregando también información sobre la severidad de la lesión. (8) El sistema ICDAS está compuesto por códigos que van desde código 0 a 6, donde cada código describe criterios diagnósticos característicos que deben ser identificados al momento del examen clínico visual, cada código del sistema toma la corona dental como una unidad la cual posee 5 superficies: Mesial, distal, palatino/lingual, Vestibular, Incisivo/oclusal las cuales tienen que ser evaluadas de manera independiente según el estado de cada superficie (8).

Códigos ICDAS. (8)

Código 0 → Superficie dentaria sana, sin evidencia de caries a la exploración visual después de secar la superficie. Se descartan defectos estructurales de esmalte como hipoplasias, fluorosis, manchas extra/intrínsecas, se clasifican como sano.

Código 1 → Primer cambio perceptible al examen clínico visual observada en esmalte posterior al secado con aire. Generalmente se limita a surcos dentales o a zonas de retención de placa y solo se observa sobre una superficie dental seca.

Código 2 → Cambio observable en esmalte a simple vista aun en superficie húmeda, perceptibles sobre la superficie del esmalte sin necesidad de secar la superficie.

Código 3 → Se observa una micro cavitación de esmalte que se confirma al sondear la superficie con una sonda OMS y se genera una leve retención sobre la micro cavidad.

Código 4 → Translucidez que se observa como una sombra oscura bajo la superficie del diente sin presencia de pérdida de la integridad del esmalte, se observa como una sombra de color gris, azul o marrón denota una dentina afectada.

Código 5 → Cavidad evidente con pérdida de integridad de esmalte y exposición dentinaria, la cavidad no compromete más del 50% de la estructura dentaria.

Código 6 → Presencia de cavidad extensa que compromete más del 50% de la estructura dentaria con evidente exposición dentinaria.

Para realizar un correcto examen clínico según criterios ICDAS es necesario el apoyo de instrumental básico de examen, una superficie dentaria limpia y seca. Es relevante mencionar que el sistema ICDAS es un instrumento que debido a que permite la detección de lesiones de caries en etapas tempranas le entrega al operador la oportunidad de tomar acciones preventivas y poder detener el avance de lesiones de caries no cavitadas y así prevenir la aparición de una cavidad, además permite la realización de tratamientos operatorios con preservación de estructura dental, es por esto

que con el fin de establecer diagnósticos más certeros y tratamientos más amigables con los dientes es que se creó el “Sistema internacional de clasificación y manejo de caries (ICCMS)”.

3.4 Sistema ICCMS. (9)

Como se describe en la “Guía ICCMS para clínicos y educadores”, el sistema internacional de clasificación y manejo de caries o por sus siglas ICCMS consiste en un conjunto de acciones estratégicamente elaboradas que al ser aplicadas en conjunto con una versión simplificada del sistema ICDAS busca proveer un método estandarizado para la clasificación y manejo integral de la caries dental como enfermedad. (9)

El sistema ICCMS está fundamentado en ICDAS, nos ayuda a complementar la información entregada por ICDAS con información relevante para abordar la enfermedad de caries desde un punto de vista integral a nivel paciente, datos como los factores de riesgo de caries individual nos serán de utilidad para tener en consideración y poder tomar acciones preventivas y manejo oportuno de lesiones, evitando en lo posible la aparición de nuevas lesiones de caries y ofreciendo además amplias opciones de tratamiento según el estado de la lesión con un abordaje integral enfocado también en el control de factores de riesgo del paciente. El sistema ICCMS está compuesto por 4 elementos fundamentales ligados entre sí con un orden crónico y cíclico de manera que cada elemento es seguido por otro elemento en determinados turnos. (9)

El orden y secuencia de los elementos según la guía ICCMS es el siguiente:

1 - **Historia** “Valoración de riesgo de caries a nivel paciente”.

Lo primero que se realiza es una historia clínica del paciente médico y dental, desarrollando su motivo de consulta, antecedentes médicos y dentales y así lograr una correcta identificación de factores de riesgo para caries que tiene el paciente, mediante una correcta historia clínica se debe evaluar si el paciente ha sido expuesto a radiación, farmacia que consume, contexto social, asistencia al odontólogo y la dieta que tiene.


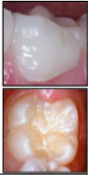
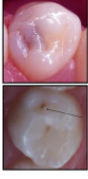
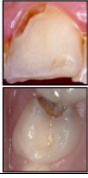
Algunos Factores de riesgo de caries a nivel paciente que se consideran son: Boca seca (medicamentos/drogas/enfermedad autoinmune), malas prácticas de higiene, baja exposición a flúor tópico, alto consumo de bebidas y alimentos azucarados, radiación en cabeza y cuello.(9)

2 - **Clasificación** “clasificación de caries y valoración de la actividad”.

El segundo paso es la clasificación de la lesión que consiste en una detección de la lesión seguida de la evaluación de la misma, comienza con una valoración de la cantidad de placa en los dientes complementado con un examen clínico visual que busca poder categorizar las lesiones de caries (sano, inicial, moderado, severo) en cada superficie dentaria , también se debe considera la actividad de la lesión (activa/inactiva), se puede apoyar con el análisis radiográfico cuando está disponible. Es importante en este punto evaluar la experiencia de caries de los pacientes (restauraciones, infecciones dentales, extracciones por caries, etc.) además de identificar factores de riesgo intraorales que posee el paciente. (9)

Algunos factores de riesgo intraorales considerados son: Indicadores de boca seca/ hiposalivación, PUFA (pulpa expuesta - Úlcera - Fístula - Absceso) infección dental, experiencia de caries y lesiones activas, placa gruesa, aparatos retentivos de placa, superficie radicular expuesta.

Si bien la placa se evalúa para determinar el riesgo intraoral del paciente, es necesario removerla para lograr una correcta categorización y evaluación de la actividad de las lesiones de caries. (9)

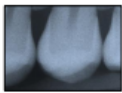


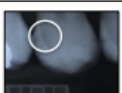

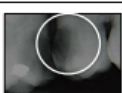
Definición de las categorías combinadas de caries de ICCMS™		
Categorías de Caries	Superficies sanas (código ICDAS 0)	 <p>Superficie dental sana sin evidencia de caries visible (sin cambio o con cambio cuestionable en la translucidez del esmalte) cuando se observa la superficie limpia y después de secado prolongado con aire (5 segundos).^{9,9} <i>(Las superficies con defectos de desarrollo del esmalte, tales como hipomineralización (incluyendo fluorosis), desgaste de los dientes (atrición, abrasión y erosión) y manchas extrínsecas o intrínsecas se registran como sanas).</i></p>
	Estadio inicial de caries (códigos ICDAS 1 y 2)	 <p>Primer cambio visible o cambio detectable en el esmalte visto como una opacidad de caries o decoloración visible (lesión de mancha blanca y/o café) no consistente con el aspecto clínico del esmalte sano (código ICDAS 1 o 2) y que no muestran ninguna evidencia de ruptura de superficie o sombra subyacente en dentina.</p>
	Estadio moderado de caries (códigos ICDAS 3 y 4)	 <p>Una lesión de mancha blanca o café con Ruptura localizada del esmalte, sin dentina expuesta visible (código ICDAS 3), o una sombra subyacente de dentina (código ICDAS 4), que obviamente se originó en la superficie que se está evaluando. <i>(Para confirmar la ruptura localizada del esmalte, una sonda de la OMS, que tiene una bola en el extremo, se puede pasar suavemente a través del área del diente- se detecta una discontinuidad limitada si la bola cae en la micro-cavidad/discontinuidad).</i></p>
	Estadio severo de caries (códigos ICDAS 5 y 6)	 <p>Cavidad detectable en esmalte opaco o decolorado con dentina visible (códigos ICDAS 5 o 6). <i>(Una sonda de la OMS puede confirmar si la cavidad se extiende dentro de la dentina).</i></p>

(Fig.4)

Clasificación clínica de lesiones coronarias de caries ICCMS-ICDAS, tabla de categorías ICCMS.(9)

(Fig. 5)

Clasificación radiográfica de las lesiones coronarias de caries (Sistema ICDAS/ICCMS de registro radiográfico).(9)

Sistema de registro ICDAS Radiográfico			
Categorías de Caries ICCMS™	0	Sin radiolucidez	 <p>Ausencia de radiolucidez</p>
	RA: Estadios iniciales	RA 1	 <p>Radiolucidez en 1/2 externa del esmalte</p>
		RA 2	 <p>Radiolucidez en la 1/2 interna del esmalte ± UAD (Unión amelo-dentinal)</p>
		RA 3	 <p>Radiolucidez limitada al 1/3 externo de la dentina</p>
	RB: Estadios moderados	RB 4	 <p>Radiolucidez que alcanza hasta el 1/3 medio de la dentina</p>
		RC: Estadios severos	RC 5
RC 6	 <p>Radiolucidez en la pulpa, clínicamente cavitada</p>		

En muchos casos es complicado determinar la extensión real de una lesión solo con la observación clínica, por lo que apoyarse en radiografías es fundamental para un diagnóstico más preciso y tratamientos más enfocados, por lo que un examen clínico minucioso con un correcto apoyo radiográfico es indispensable.

3 - Toma de decisiones “síntesis y diagnóstico”.

Es la suma y análisis de toda la información recolectada con el fin de sintetizar la información y establecer un diagnóstico del riesgo que tiene el paciente de desarrollar nuevas lesiones de caries o progresión de las lesiones existentes.

Categorías ICCMS™ combinadas	Estado de actividad	
	Lesiones activas	Lesiones detenidas
ICCMS™ Sano	Sin lesión	Sin lesión
ICCMS™ Inicial	Inicial Activa	Inicial Detenida
ICCMS™ Moderada	Moderada Activa	Moderada Detenida
ICCMS™ Severa	Severa Activa	Severa Detenida

(Fig. 6) Tabla de diagnóstico de caries según ICCMS, clasificación y estado de actividad.(9)

El análisis del riesgo individual de caries es importante en el manejo de la enfermedad. El análisis de riesgo ICCMS evalúa la probabilidad de desarrollar nuevas lesiones de caries o la progresión de las lesiones existentes. A continuación, la matriz de probabilidad y riesgo de caries ICCMS de la guía clínica ICCMS.

		Estado actual de actividad de caries a nivel del paciente		
		Ausencia de lesiones de caries activas*	Lesiones activas en estadios iniciales	Lesiones activas en estadios moderado o severo
Estado del riesgo	Riesgo Bajo	Probabilidad Baja	Probabilidad Moderada	Probabilidad Moderada*
	Riesgo Moderado	Probabilidad Baja	Probabilidad Moderada	Probabilidad Alta
	Riesgo Alto	Probabilidad Moderada	Probabilidad Alta	Probabilidad Alta

(Fig. 7) Análisis de riesgo de caries ICCMS para valorar probabilidad de nuevas lesiones o progresión de caries.(9)

4 - **Manejo** “Prevención de caries, control y manejo operatorio con preservación dental personalizados”.

Busca manejar la probabilidad del paciente de desarrollar nuevas lesiones de caries, considera acciones para proteger superficies dentales sanas y evitar el progreso de las lesiones existentes. Se busca además disminuir el estado de riesgo del paciente, busca además manejar las lesiones de caries existentes de manera individual, según su actividad y severidad

En resumen, el elemento 4/manejo busca:

1. Prevenir nuevas lesiones de caries.
2. Manejo no operatorio de lesiones MNO.
3. Manejo operatorio con preservación dental MOPD.

El manejo de los factores de riesgo es otro de los beneficios que nos ofrece el sistema ICCMS con un enfoque preventivo entregando acciones enfocadas a proteger superficies dentales sanas con el fin de mantenerlas así, evitar la progresión de lesiones existentes y disminuir los factores de riesgo asociados, ofreciendo acciones preventivas según clasificación de probabilidades de las cuales algunas deben ser realizadas por el paciente en casa y otras deben ser realizadas por en una consulta clínica.(9)

Cabe mencionar que el ICCMS nos entrega consejos, es deber del profesional tomar la mejor decisión según las necesidades de cada paciente, este sistema es un instrumento que nos puede servir de base para la toma de decisiones basados en la evidencia.

En la actualidad las opciones de tratamientos para las lesiones de caries son muchas, desde uso de flúor, sellantes, resinas, etc, pero con el avance de los conocimientos en cariología, hoy en día acciones como la educación sobre hábitos de higiene o educación sobre dieta también son consideradas parte del tratamiento ya que el enfoque actual es la prevención y la preservación de la mayor cantidad de estructura

dental posible con el fin de conservar las propiedades físicas y mecánicas naturales de los dientes afectados, por lo que es deber del odontólogo realizar un minucioso examen clínico y así poder establecer un correcto diagnóstico de la lesión ofreciendo la mejor opción de tratamiento según cada caso en particular con un enfoque integral incluyendo también los factores de riesgo en el plan del tratamiento del paciente y así también evitar la aparición de futuras lesiones de caries y evitar la progresión de las lesiones existentes. (9)

El uso de radiografías es fundamental para un correcto diagnóstico y abordaje de las lesiones de caries ya que nos entrega una estimación más precisa de extensión real de la lesión por lo que conocer las principales técnicas radiográficas y sus indicaciones es indispensable en el ejercer del odontólogo en la actualidad. (9)

Estadio ICCMS™	MANEJO INDIVIDUAL DE LESIONES DE CARIES
M _{Sana}	Prevención basada en riesgo (Consulte la sección anterior)
M _{Inicial Activa}	<p>MNO</p> <ul style="list-style-type: none"> F tópico aplicado clínicamente (barniz de fluoruro recomendado para niños ≤ 6 años) Higiene oral con crema dental fluorada (≥1000 ppm) cuando erupciona el primer diente Remoción mecánica de la biopelícula: se recomienda supervisión por lo menos hasta la edad de 8 años Sellantes a base de resina/ionómero de vidrio (En superficies interproximales: Sellantes a base de resina / infiltrantes)
M _{Inicial Inactiva}	Sin tratamiento específico para la lesión
M _{Moderada Activa}	<p>MNO</p> <ul style="list-style-type: none"> Sellantes a base de resina** Si no es factible el sellante (dificultad para aislar el diente) una opción es la corona metálica o forma plástica preformadas sin preparación dental <p>MOPD</p> <ul style="list-style-type: none"> Incluyendo (para dientes primarios) la colocación de coronas metálica o formas plásticas preformadas <p>En superficies interproximales: Determine presencia de cavidad por separación dental:</p> <ul style="list-style-type: none"> No cavidad: MNO Cavidad: MOPD (+ corona metálica o forma plástica preformadas en dientes primarios)
M _{Moderada Inactiva}	MOPD si la lesión es un ARP o el área es estéticamente inaceptable
M _{Severa Activa}	<p>MOPD: Incluyendo (para dientes primarios) corona metálica o forma plastic preformadas</p> <p>En dientes primarios: Si el MOPD estándar no es posible, considere la técnica de Hall o la extracción</p>
M _{Severa Inactiva}	MOPD si la lesión es un ARP o el área es estéticamente inaceptable

MNO = Manejo no operatorio MOPD = Manejo operatorio con preservación dental ARP = Área retentiva de placa
 * Si el manejo restaurador preferido NO es factible debido a factores del paciente o del diente, el tratamiento alternativo es la aplicación de un sellante a base de ionómero de vidrio.

(Fig. 8) tabla de manejo individual de lesiones de caries según estadio ICCMS de la lesión. (9)

3.5 Inteligencia Artificial.

En el mundo actual, donde la tecnología crece a pasos agigantados, la inteligencia artificial llegó a revolucionar la manera en la que se hacen las cosas, en un mundo que apunta cada vez más hacia la automatización, la I.A resulta ser una excelente opción en distintas áreas, como la medicina, psiquiatría, odontología, etc. Se trata de una herramienta que usa la inteligencia humana como parámetro de comparación e imitación, basados en algoritmos lógicos de aprendizaje los cuales, mediante procesadores de recolección de información disponible en la red, trata de imitar la capacidad de aprendizaje humano y la capacidad innata que tiene el ser humano para resolver problemas, razonar e incluso en la toma de decisiones, todo esto con el fin de facilitar la vida diaria al ser humano. (10, 11)

Términos como “Inteligencia artificial” Machine Learning” o “Deep learning” son términos que se escuchan cada vez más. La I.A podría definirse según John McCarthy como “la ciencia y la ingeniería de la fabricación de máquinas inteligentes, especialmente programas informáticos inteligentes” (10, 11). es una rama de la informática aplicada que utiliza tecnología informática para simular el comportamiento humano, como la actividad inteligente, el pensamiento crítico y la toma de decisiones.

Se entiende por inteligencia artificial la capacidad autónoma que pudieran tener ciertas máquinas o sistemas para tomar decisiones por sí solas, basado en una serie de algoritmos, los sistemas de inteligencia artificial tendrían la capacidad de “aprender” basándose en la información disponible, y debido a la gran capacidad de ciertos sistemas para procesar grandes cantidades de información en cortos periodos de tiempo, estos sistemas de inteligencia tendrían la capacidad de analizar toda esta información y tomar una decisión de manera rápida y confiable, por lo que el uso de estos sistemas podrían proporcionar un gran aporte a la humanidad ya que debido a su versatilidad, son aplicables en múltiples áreas, jurídicas, científicas, audiovisuales e incluso en términos de salud.(41)

La inteligencia artificial (IA) es una frase genérica que se utiliza para describir el desarrollo de sistemas informáticos que pueden realizar funciones que normalmente

requieren el intelecto humano. En los últimos años, han surgido soluciones basadas en algoritmos de Inteligencia Artificial (IA), especialmente los de aprendizaje profundo, en una amplia gama de campos de aplicación, demostrando resultados sobresalientes. Esta tendencia también es perceptible en Medicina Dental (12,15, 27). Considerando el análisis de radiografías como una herramienta complementaria para el diagnóstico, el uso de redes neuronales convolucionales (CNN) para ayudar en la identificación de varias lesiones ha mostrado resultados prometedores (14). Las CNN consisten en un tipo especializado de algoritmo de aprendizaje automático para procesar datos que presentan una topología en forma de cuadrícula, como imágenes (41).

Otro término que tiene mucha relación con la Inteligencia Artificial (I.A) es el término “Machine Learning”. El Machine learning o simplemente M.L se ha definido como una manera de aprendizaje estadístico, siendo también un sistema creado con el fin de que sea capaz de tomar ciertas decisiones propias. Se podría explicar mediante un sistema que puede ser entrenado para ser capaz de tomar decisiones en base a una serie de algoritmos conseguidos mediante el proceso de “entrenamiento”. Es un subcampo de la inteligencia artificial y consta de potentes algoritmos, proporciona a los sistemas la capacidad de aprender y mejorar automáticamente a partir de la experiencia sin estar programados explícitamente (27).

El aprendizaje profundo (DL) es un subconjunto del aprendizaje automático en inteligencia artificial (IA) y se basa en redes neuronales profundas que constan de múltiples capas ocultas para aprender progresivamente representaciones a partir de datos sin procesar, convirtiéndose en los últimos años en un subcampo del aprendizaje automático y ha sustituido a los métodos clásicos de aprendizaje automático en los sistemas de apoyo y diagnóstico asistidos por ordenador.

Las redes neuronales convolucionales (CNN) son un tipo de red neuronal inspirada en la corteza visual de los mamíferos, han logrado resultados satisfactorios al abordar una variedad de problemas médicos (27). Las CNN pueden aprender automáticamente características jerárquicas y contextuales del conjunto de datos a través del procedimiento de entrenamiento.

La red neuronal convolucional (CNN) es un tipo de red profunda diseñada para procesar datos que vienen en forma de múltiples matrices como imágenes, y su arquitectura se compone de varias etapas. Se pueden clasificar según su tipología o estructura de red o según su algoritmo de aprendizaje. Según su tipología podemos distinguir, como característica de una red, el número de capas; el tipo de capas, que pueden estar ocultas o visibles; entrada o salida; y la direccionalidad de las conexiones neuronales.

Según su algoritmo de aprendizaje o cómo la red aprende los patrones, podemos distinguir como características si es supervisada, no supervisada, competitiva o por refuerzo (10, 11). El modelo se entrena en aprendizaje supervisado, empleando una base de datos etiquetada, por el contrario, el resultado esperado se desconoce en el aprendizaje no supervisado (15). El aprendizaje por refuerzo es un modelo que se sitúa entre el aprendizaje supervisado y el no supervisado, la forma más común de aprendizaje automático es el aprendizaje supervisado. Para trabajar con imágenes es necesario, primero, recopilar un gran conjunto de datos de imágenes y, segundo, etiquetar cada categoría en cada imagen, en este caso, con caries detectadas por un dentista. Entonces comienza el proceso de formación.

Las CNN funcionan aprendiendo una representación interna de una imagen y centrándose en jerarquías espaciales locales. Esta capacidad de reconocer características localizadas dentro de una imagen distingue a las CNN de otras técnicas de aprendizaje automático. Una vez que un modelo CNN se entrena con imágenes dentales anotadas, puede detectar y clasificar con precisión la caries dental en nuevas imágenes (27).

La IA en la atención sanitaria ha experimentado un gran interés en los últimos años. Incluye diversas aplicaciones, como predecir la aparición de enfermedades, permitir una cirugía precisa, personalizar planes de tratamiento, gestionar la atención al paciente y aumentar las capacidades de enfermería (11). En odontología, las capacidades de la IA pueden abordar los desafíos asociados con los métodos tradicionales de diagnóstico de caries dental.

La inteligencia artificial se utiliza en odontología para identificar y detectar diferentes variables a partir de imágenes, como dientes, caries e implantes. Se ha demostrado que el aprendizaje profundo es una buena colección de técnicas para ayudar a los profesionales médicos en campos médicos como la radiología (6,7). Un sistema de asistencia automatizado para imágenes de radiografía dental puede ayudar a abordar estas deficiencias al proporcionar un resultado de diagnóstico confiable y estable, especialmente para examinadores menos experimentados. Además, este sistema puede ahorrar tiempo de diagnóstico y mejorar la eficiencia del tratamiento.

En los últimos años, el aprendizaje profundo o Deep Learning (DL) especialmente las redes neurales convolucionales (CNN) han sido ampliamente adaptadas para el análisis de imágenes médicas, como radiografías (29,41). Extraen en forma adaptativa características relacionadas con ciertas tareas, con la capacidad de aprender, representación de datos y gran capacidad de generalización, estas redes neuronales convierten imágenes en datos facilitando el diagnóstico clínico y la toma de decisiones. (29)

Para realizar la clasificación de caries en cada imagen de diente, los primeros estudios extraen características estadísticas de las imágenes de caries y dientes normales y toman una decisión descubriendo diferencias entre ellas o entrenando clasificadores. En los últimos años, los investigadores han explorado activamente la utilización del aprendizaje profundo con redes neuronales convolucionales (CNN) para procesar varios tipos de imágenes médicas, con un rendimiento prometedor. El uso del aprendizaje profundo para el diagnóstico de enfermedades está aumentando y ha demostrado una detección precisa y rápida con mejores resultados clínicos (27).

En odontología, el uso de redes convolucionales profundas se ha investigado desde 2015. Ronneberger empleó U-Net para analizar la segmentación de la estructura dental en radiografías de ala de mordida (11). Posteriormente, se han estudiado múltiples modelos de aprendizaje profundo para el diagnóstico de caries dental o la detección de lesiones en imágenes de rayos X dentales (45)

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general:

Explorar la evidencia científica disponible sobre el uso de Inteligencia artificial en el diagnóstico de caries dental entre los años 2013 y 2023.

Objetivos específicos:

1. Identificar tipos de uso que tiene la inteligencia artificial en el diagnóstico de caries actualmente
2. Identificar limitaciones del uso de inteligencia artificial en el diagnóstico de caries

5. MATERIAL Y METODO.

5.1 Diseño del estudio

Para esta investigación se realizó un estudio narrativo sistematizado para lo cual se hizo una búsqueda sistematizada en los principales motores de búsqueda de documentos científicos (Pubmed, EBSCO, biblioteca Cochrane) considerando los criterios que enmarcan la búsqueda como un pilar principal en la obtención y análisis de información.

Esta búsqueda fue realizada basándose en el modelo PICOT de investigación, para el cual se consideraron los siguientes componentes:

P: Pacientes con lesiones de caries.

I: Uso de inteligencia artificial en el diagnóstico de caries.

C: Diagnóstico de caries sin uso de inteligencia artificial.

O: Diagnóstico de caries.

T: Revisión narrativa sistematizada.

Luego de considerar estos componentes, la pregunta de investigación para este estudio fue la siguiente:

¿Es posible del diagnóstico de caries a través del uso de sistemas de inteligencia artificial?

Para que el análisis a realizar tuviera concordancia con los objetivos planteados, estos objetivos fueron considerados al momento de plantearse los criterios de inclusión y exclusión y de esta manera poder realizar una correcta selección de los documentos que habrían de ser analizados.

Una vez realizada la selección y análisis de la evidencia científica disponible, se comenzó la redacción de esta revisión narrativa con el fin de ordenar la información encontrada para poder dar una respuesta a la pregunta de investigación, basado en información fidedigna y actualizada capaz de argumentar de manera sólida la conclusión de este estudio.

5.2 Criterios de búsqueda

Las bases de datos utilizadas para esta búsqueda fueron: PubMed, EBSCO, biblioteca Cochrane, restringiéndose los criterios de búsqueda por idiomas (inglés y español), considerando toda la información disponible de los últimos 10 años y la disponibilidad del texto completo. El principal fin de este estudio fue dar respuesta a la pregunta de investigación, por lo que, para la selección de la bibliografía a analizar, se consideraron todos aquellos estudios que incluyeran los principales temas tratados en la pregunta de investigación en el título del estudio, excluyendo del análisis todos aquellos que solo consideraran uno de los temas (diagnóstico de caries, caries, Inteligencia artificial) pero excluye los otros. Se consideraron todos los estudios que cumplieran los criterios de inclusión publicados entre enero del 2013 y octubre del 2023, documentos en inglés y español con disponibilidad de texto completo. La fecha de corte de la búsqueda corresponde al 31 octubre del 2023.

Términos de búsqueda utilizados:

Diagnóstico de caries, Caries e Inteligencia artificial.

Los términos de búsqueda fueron utilizados con operadores booleanos **AND/ IN** en sus diferentes combinaciones.

5.3 Criterios de inclusión:

Estudios que hablen sobre el diagnóstico de caries mediante el uso de sistemas de inteligencia artificial.

Estudios publicados desde el 2013 en adelante, en inglés o español y con disponibilidad de texto completo.

Criterios de exclusión.

Estudios que consideren solo uno de los temas principales abordados en la pregunta de investigación excluyendo los otros temas (por ejemplo, estudios que solo hablen del diagnóstico de caries, pero no de inteligencia artificial).

Estudios a los que no se pudiera acceder al texto completo.

Estudios en un idioma diferente al inglés o español.

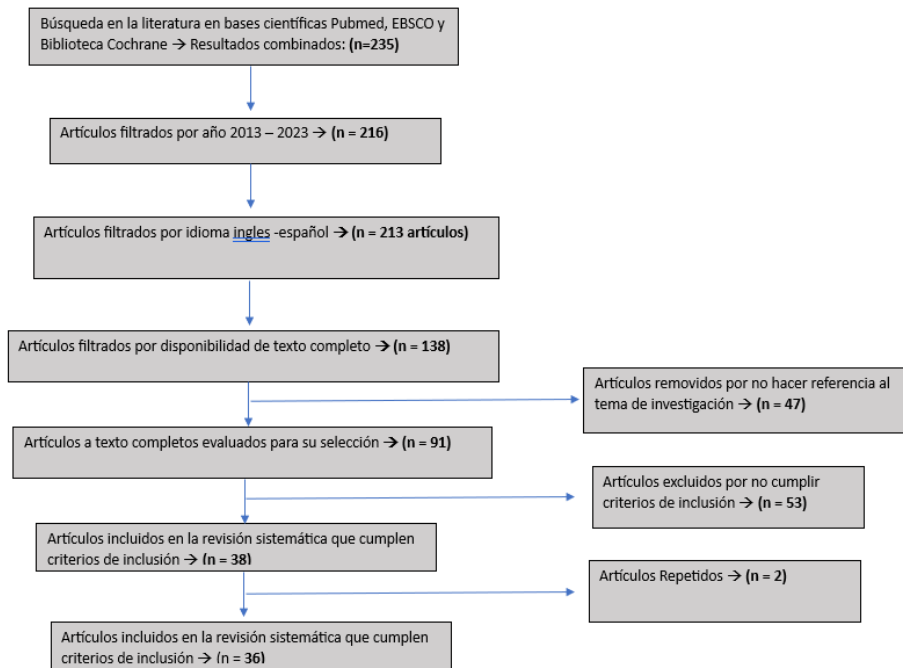
Estudios publicados antes del 2013 y posterior a octubre del 2023.

5.4 Cuadro resumen en búsqueda en base de datos

Base de datos	Palabras clave	N° de resultados	Resultado al limitar los últimos 10 años	Resultados al limitar la búsqueda por idioma inglés y español	Resultados al filtrar por disponibilidad de texto completo	N° de documentos que hablan del diagnóstico de caries mediante el uso de I.A
EBSCO	artificial inteligencia e IN caries diagnosis	2	2	2	2	-

EBSCO	artificial intelligence AND caries diagnosis	16	16	16	16	-
EBSCO	artificial intelligence IN caries	18	18	18	14	-
EBSCO	artificial intelligence AND caries	60	59	58	48	-
PubMed	artificial intelligence IN caries diagnosis	126	110	109	70	-
PubMed	artificial intelligence AND caries diagnosis	126	110	109	70	-
Pubmed	artificial intelligence IN caries	165	147	145	86	-
Pubmed	artificial intelligence AND caries	165	147	145	86	-
Biblioteca cochrane	artificial intelligence IN caries diagnosis	4	4	2	-	2
Biblioteca cochrane	artificial intelligence IN caries	10	10	10	-	4
Biblioteca cochrane	artificial intelligence AND caries diagnosis	5	5	5	-	3
Biblioteca cochrane	artificial intelligence AND caries	11	11	11	-	5
Total		235	216	213	138	91

5.5 Flujograma



5.6 Aspectos éticos

Se solicitó una dispensa de consentimiento informado detallada en Anexo 1 dando resolución de tal dispensa por parte del comité ético científico de la Universidad Finis Terrae.

6. RESULTADOS

Las bases de datos utilizadas para esta búsqueda fueron: PubMed, EBSCO y biblioteca Cochrane, restringiéndose los criterios de búsqueda por idiomas (inglés y español), considerando toda la información disponible publicada entre los años 2013 - 2023 y la disponibilidad del texto completo.

Al realizar la búsqueda sistematizada en las distintas bases científicas de datos, y posterior a filtrar los resultados y aplicar los criterios de inclusión/exclusión, se seleccionaron 36 artículos, los cuales quedan resumidos en la siguiente tabla:

6.1 Tabla Resumen

Titulo	Autor(es)	Año	Objetivo
A deep learning model using convolutional neural networks for caries detection and recognition with endoscopes.	Xiaoyi Zang, Chunlong Luo, Bo Qiao, Nenghao Jin, Yi Zhao, Haizhong Zhang.	2022	Evaluar la eficacia de un modelo de aprendizaje profundo en la segmentación y clasificación de lesiones de caries mediante endoscopia.
A Novel Deep Learning-Based Approach for Segmentation of Different Type Caries Lesions on Panoramic Radiographs.	Dayi Burak, Huseyin Uzen, Ipek Balikci, Suayip burak	2022	Evaluar el rendimiento diagnóstico de un sistema de aprendizaje profundo para la segmentación de lesiones de caries en radiografías panorámicas.
An Automated Machine Learning Classifier for Early Childhood Caries.	Ds Karhade, J.Roach, P.Shrestha, MA Simancas-Pallares, J.Ginnis, Zj Burk, AA Ribeiro, H.Cho, D.Wu, K.Divaris	2021	Desarrollar y evaluar un algoritmo automatizado de aprendizaje automático para la clasificación de niños según el estado de caries.
Application and Performance of Artificial Intelligence Technology in Detection, Diagnosis	Khalid Alfouzan, Mohammed Awawdeh, Lubna	2022	Informar la precisión diagnóstica y el rendimiento de modelos basados en inteligencia artificial diseñados para

and Prediction of Dental Caries (DC)—A Systematic Review.	Alkadi, Farraj Albalawi		la detección, diagnóstico y predicción de caries.
Artificial intelligence in digital cariology a new tool for the diagnosis of deep caries and pulpitis using convolutional neural networks	Liwen Zheng, Haolin Wang, Li Mei, Qiuman Chen, Yuxin Zhang, Hongmei Zhang	2021	Evaluar y comparar el rendimiento de 3 diferentes sistemas de CNN (convolutional neuronal network)
Artificial Intelligence in the Diagnosis of Oral Diseases Applications and Pitfalls.	Shankargouda Patil, Sara Albogami, jagadish Hosmani, sheetal Mujoo, Mona awad Kamil, Manawar ahmad Mansour, Hina naim Abdul, Shilpa Bhandi, Shiek Ahmed	2022	Exponer las aplicaciones de los sistemas de inteligencia Artificial en el diagnóstico de diversas enfermedades bucales incluidas las caries.
Artificial intelligence-powered smartphone application, AICaries, improves at-home dental caries screening in children Moderated and unmoderated usability test.	Nisreen Al-JalladL. Oriana Ly-Mapes, Peirong, Jinlong Ruan, Ashwin Ramesh, jiebo, Tong Tong, Timothy, Noha Rashwan, et al.	2022	Exponer una aplicación para teléfonos inteligentes impulsada por sistemas de inteligencia artificial para detectar caries utilizando fotografías de dientes de niños.
Assessing a Smartphone App (AICaries) That Uses Artificial Intelligence to Detect Dental Caries in Children and Provides Interactive Oral Health Education.	Jin Xiao, Jiebo Luo, Oriana Ly-Mapes, Tong Tong Wu, Timothy Dye, Nisreen Al Jallad, et al.	2021	Refinar y probar la usabilidad de una aplicación para teléfonos inteligentes impulsada por inteligencia artificial para detección de caries mediante el uso de imágenes de dientes de niños.
Automated caries detection with smartphone color photography using machine learning	Duc long Duong, Malitha Humayun Kabir, Rong Fu Kuo	2021	Introducir un algoritmo computacional capaz de automatizar el reconocimiento de lesiones de caries en superficies oclusales de

			dientes en imágenes de teléfonos inteligentes según ICDAS.
Caries and Restoration Detection Using Bitewing Film Based on Transfer Learning with CNNs.	Yi-Cheng Mao. Tsung – Yi Cheng, He-Sheng Chou. Szu-Yin Lin, Sheng-Yu Liu, et al.	2021	Desarrollar un modelo de Convolutional Neural Network (CNN) para el aprendizaje por transferencia para identificar y clasificar los hallazgos de caries y restauraciones en imágenes de aleta de mordida.
Caries detection on intraoral images using artificial intelligence.	J.Kuhnisch, O.Meyer, M.Hesenius, R.Hickel, V.Gruhn	2021	Desarrollar un enfoque de Deep Learning (DP) con CNN para la detección y categorización de caries y comparar el rendimiento del diagnóstico con respecto a los estándares de expertos.
Caries Detection with Near-Infrared Transillumination Using Deep Learning.	F.Casalegno, T.Newton, R.Daher, M.Abdelaziz, A.Lodi-Rizzini, F.Schurmann, et al.	2019	Presentar un modelo de Deep learning (aprendizaje profundo) para la detección y localización automatizada de lesiones dentales en imágenes de transiluminación.
Caries detection with tooth surface segmentation on intraoral photographic images using deep learning.	Eun Young Park, Hyeonrae Cho, sohee Kang, Sungmoon jeong, Eun Kyong Kim.	2022	Evaluar un algoritmo de aprendizaje profundo para la detección de caries mediante la segmentación de superficies dentales en imágenes.
Classification of Approximal Caries in Bitewing Radiographs Using Convolutional Neural Networks.	Maira Moran, Marcelo Faria, Gilsom Giraldi, Luciana Bastos, Larisa Oliveira, Aura Conci.	2021	Proponer un nuevo método que combina técnicas de procesamiento de imágenes y redes neuronales convolucionales para identificar caries dentales proximales en imágenes radiográficas bitewing y clasificarlas según la gravedad de la lesión.
Classification of caries in third molars on panoramic radiographs using deep learning	Shankeeth Vinayahalingam, Steven kempers, Lorenzo limon, Dionne Deibel,	2021	Evaluar la precisión de la clasificación de caries dental en radiografías panorámicas utilizando algoritmos de aprendizaje profundo.

	Thomas Maal, et al.		
Context Aware Convolutional Neural Network for Children Caries Diagnosis on Dental Panoramic Radiographs.	Xiaojie Zhou, Guoxia Yu, Qiyue yin, Yan Liu, Zhiling Zhang, Jie Sun.	2022	Mejorar las CNN tradicionales para un diagnóstico más preciso de caries dental infantil en radiografías panorámicas mediante la propuesta de una CNN consciente del contexto considerando información entre dientes adyacentes.
cost-effectiveness of artificial intelligence for proximal caries detection.	F.Schwendicke, JG Rossi, G.Gostemeyer, K.Elhennawy, AG Cantu, et al.	2020	Comparar la rentabilidad de la detección de caries proximales en radiografías Bitewing con y sin I.A.
Deep learning for early dental caries detection in bitewing radiographs.	Shinae Lee, il Oh, junic jo, Sumi Kang, Yooseok Shin, Jeong won park.	2021	Evaluar si un modelo de CNN en forma de U-Net para la detección de caries radiográficas en Bitewing puede mejorar el desempeño.
Dental caries detection using a semi-supervised learning approach.	Adnan Qayyum, Ahsen Tahir, Muhammad Atif Butt, Alejandro Lucas, Hasan Tahir Abbas, junaid Qadir, et al.	2023	Presentar un método eficiente basado en autoentrenamiento para la detección y segmentación de caries usando un conjunto de imágenes etiquetadas y otras no etiquetadas.
Dental Caries Diagnosis and Detection Using Neural Networks.	Maria Prados-privado. Javier Garcia Villalon, Carlos Hugo Martinez, et al.	2020	Identificar el estado de las Redes neuronales en la detección y diagnóstico de caries.
Detection and localization of caries and hypomineralization on dental photographs with a vision transformer model.	Marco Felsch, Ole Meyer, Anne Schlickerrieder, paula Engels, et.al	2023	Desarrollar un algoritmo basado en IA que pueda detectar, clasificar y localizar caries y MIH.
Detection of Proximal Caries Lesions on Bitewing Radiographs	Xiaotong Chena, Jiachang Guob,	2022	Evaluar la validez de una red neuronal convolucional (CNN) basada en Deep learning DL

Using Deep Learning Method.	Jiaxue Si Mingming, et al.		(aprendizaje profundo) para detectar lesiones de caries proximales en radiografías bitewing.
Diagnosis of interproximal caries lesions with deep convolutional neural network in digital bitewing radiographs.	Yusuf Bayraktar, Enes Ayan.	2021	Investigar la eficacia de la red neuronal convolucional (CNN) en el diagnóstico de lesiones de caries proximales en radiografías digitales Bitewing.
Generalizability of Deep Learning Models for Caries Detection in Near-Infrared Light Transillumination Images.	Agnes Holtkamp, Karim Elhennawy, Joseph E.Grano d oro ciego, et al.	2021	Entrenar CNN para detectar lesiones de caries en imágenes de transiluminación de luz infrarroja cercana y evaluar la generalización de los modelos.
Influence of Artificial Intelligence-Driven Diagnostic Tools on Treatment Decision-Making in Early Childhood Caries A Systematic Review of Accuracy and Clinical Outcomes.	Abeer Al-Namankany	2023	Evaluar el rendimiento y la aplicabilidad de los algoritmos de aprendizaje automático en la predicción y detección de caries temprana de la infancia.
Machine Learning in the Diagnosis and Prognostic Prediction of Dental Caries A Systematic Review.	Lilian Toledo Reyes, Jessica Klockner Knorst, Fernanda Ruffo Ortiz, Thiago Machado	2022	Evaluar el éxito de los algoritmos de aprendizaje automático en el diagnóstico y predicción pronóstica de la caries dental.
Proof-of-Concept Study on an Automatic Computational System in Detecting and Classifying Occlusal Caries Lesions from Smartphone Color Images of Unrestored Extracted Teeth.	Duc long Duong, Quoc Duy Nam Nguyen, Minh Son Tong, Manh Tuan Vu, Jose Dy Lim, Rong Fu Kuo.	2021	Desarrollar un sistema computacional de dos etapas que pueda detectar caries oclusales tempranas a partir de imágenes de teléfonos inteligentes de dientes extraídos no restaurados según ICDAS.

RDFNet A Fast Caries Detection Method Incorporating Transformer Mechanism.	Hao Jiang, Peiliang Zhang, Chao Che, Bo Jin	2021	Exponer RDFNet, un método rápido de detección de caries que permite detectar caries en dispositivos portátiles.
Tooth Type Enhanced Transformer for Children Caries Diagnosis on Dental Panoramic Radiographs.	Xiaojie Zhou, Guoxia Yu, Qiyue Yin, Jun yang, jiangyang Sun, Shengyi Lv, Qing shi.	2023	Introducir una técnica novedosa de Deep learning para un diagnóstico preciso de caries infantil en radiografías panorámicas.
Transforming Dental Caries Diagnosis Through Artificial Intelligence-Based Techniques.	Sukumaran Anil, Priyanka porwal, Amit porwal.	2023	Enfatizar la relevancia y contribuciones potenciales en el diagnóstico de caries dental de la inteligencia artificial.
Uses of Different Machine Learning Algorithms for Diagnosis of Dental Caries.	Sarena Talpur, Fahad Azim, Munaf Rashid, sidra Abid Syed, et al.	2022	Realizar una revisión sistemática de estudios sobre la asociación entre la caries dental y el aprendizaje automático.
Convolution Neural Networks and Targeted fluorescent nanoparticles to Detect and ICDAS Score Caries.	Kai A. Jonesa, Nathan Jonesc, Livia Maria Andalo, et al.	2022	Evaluar el potencial del uso de IA para detectar y calificar lesiones cariosas utilizando ICDAS en combinación con imágenes fluorescentes.
Development and evaluation of deep learning for screening dental caries from oral photographs.	Xuan Zhang, Yuan Liang, Wen Li, Chao Liu, Deao Gu, Weibin Sun, Leiyang Miao	2022	Desarrollar y evaluar el desempeño de un sistema de aprendizaje profundo basado en una red neuronal convolucional para detectar caries dental a través de fotografías de la boca.
Diagnosis of interproximal caries lesions in bitewing radiographs using a deep convolutional neural network-based software.	Angel Garcia-Cañasa, Monica Bonfanti-Grisa, Sergio Paraiso-Medinab, et al.	2022	Evaluar la confiabilidad diagnóstica de un programa de IA basado en Web para la detección de caries interproximales en radiografías Bitewing.

Real-Time Caries Detection of Bitewing Radiographs Using a Mobile Phone and an Artificial Neural Network A Pilot Study.	Ming Hong.	2023	Implementar y evaluar el rendimiento de una aplicación experimental de IA para teléfonos móviles en la detección en tiempo real de lesiones de caries en radiografías Bitewing.
The use of artificial intelligence in radiological diagnosis and detection of dental caries,systematic review.	Karolina Futyma-Gabka, Ingrid Rozylo-Kalinowska.	2021	Presentar el uso de la IA en el diagnóstico radiológico de caries dental.

Es importante mencionar que todos los artículos analizados para fines de esta revisión se basan en distintos sistemas de inteligencia artificial I.A. diseñados para el diagnóstico de caries mediante el análisis de imágenes, ya sean radiografías dentales (diferentes técnicas) o fotografías dentales e incluso imágenes de transiluminación.

7. DISCUSION

Para facilitar el análisis de la información encontrada, se realizará desde un abordaje por separado enfocado en los objetivos específicos establecidos para el presente estudio.

1- Identificar tipos de uso que tiene la inteligencia artificial en el diagnóstico de caries.

Es una realidad que los sistemas de inteligencia artificial están cada vez más presentes en la vida diaria en diferentes ámbitos, incluidos la odontología. En la actualidad, las Redes neuronales convolucionales (CNN) han sido aplicadas en la odontología en diversos campos, como la periodoncia, ortodoncia, cariología, patología oral, etc. Desde el análisis de radiografías periapicales o Bitewing, por ejemplo, hasta endoscopios que se conectan a teléfonos móviles para tomar fotografías de los dientes con el fin de detectar y reconocer áreas de caries, etc. La identificación, diagnóstico y segmentación de lesiones de caries nunca pareció tan simple. Las aplicaciones de la inteligencia artificial (I.A) en odontología son principalmente virtuales y utilizan algoritmos de IA para separar las lesiones de las estructuras sanas, clasificar las variables de riesgo y evaluar resultados futuros. (19, 20, 27, 41)

Actualmente, los algoritmos de aprendizaje automático pueden analizar grandes cantidades de datos (27) interpretar imágenes dentales radiográficas, fotografías, imágenes de transiluminación e incluso escaneos tridimensionales que permiten un diagnóstico de caries de manera más precisa y consistente que el ojo humano reduciendo así la variabilidad subjetiva asociada con los métodos de diagnóstico tradicionales (16 - 20). Estos algoritmos utilizan grandes cantidades de datos de imágenes dentales para aprender los patrones y características asociados con la caries, lo que permite visualizar con precisión la afección en imágenes nuevas (27) lo que puede conducir a la detección temprana de caries, incluso antes que los signos se vuelvan visibles clínicamente. El potencial de la IA en el diagnóstico de caries dental no se limita simplemente a identificar la enfermedad; también puede contribuir a predecir la progresión de la enfermedad y los

resultados del tratamiento, proporcionando un enfoque más integral de la atención dental (41) con una visión preventiva y personalizada de tratamiento.

La IA, en particular los algoritmos de aprendizaje automático y aprendizaje profundo, ha mostrado resultados prometedores para la detección y el diagnóstico de caries dental ya que estos sistemas aprovechan los datos y algoritmos estadísticos para pronosticar resultados con una precisión óptima, además como las CNN pueden procesar varias imágenes dentales en poco tiempo, aumenta la eficiencia de la detección de caries, siendo beneficiosa en clínicas dentales grandes donde la interpretación oportuna de las imágenes puede afectar directamente la rotación de pacientes y la productividad general de la clínica (12-16). Clínicamente, los dentistas realizan el examen clínico de manera visual-táctil, por lo que, para ayudar en el examen visual utilizando algoritmos de inteligencia artificial, las imágenes digitales eran la mejor opción para analizar la superficie de los dientes (13, 15). Con el avance de la tecnología, las fotografías digitales se han empleado en los campos de la odontología de muchas maneras diferentes. La aplicación de técnicas de aprendizaje profundo para la clasificación de la caries dental, basadas en el sistema de puntuación ICDAS, es prometedora. (41)

CariesNet es un modelo de aprendizaje profundo diseñado para mejorar el proceso de diagnóstico de caries dental, está construido sobre un sistema CNN, utiliza inteligencia artificial y aprendizaje automático para analizar radiografías dentales e identificar con precisión la presencia de caries dental. Este enfoque impulsado por IA ha demostrado un potencial significativo para mejorar la precisión y eficiencia en el diagnóstico de caries dental en comparación con las inspecciones manuales tradicionales (41). Realiza una clasificación a nivel de píxeles, distinguiendo las lesiones de caries del tejido sano, lo que permite a los dentistas determinar la ubicación precisa y alcance de la caries. (41)

AICaries es una aplicación para teléfonos inteligentes amigable para el paciente junto con la detección de caries impulsada por IA es prometedora para facilitar la confirmación clínica temprana y tratamiento de la CTI (19). AICaries es una aplicación diseñada para el diagnóstico temprano de lesiones de caries desde teléfonos móviles

inteligentes. Los usuarios deberán tomar fotografías de sus dientes con la cámara de sus respectivos teléfonos. La fotografía se procesa a través de un comprobador de calidad de imagen que evalúa la claridad, oscuridad y el brillo de la imagen. Los usuarios podrán evaluar su propio riesgo de caries y apoyar en el control de los factores de riesgo asociados. Las imágenes deben pasar por un control de calidad para poder ser analizadas por este sistema, la aplicación genera un informe de estado de caries para cada diente clasificando a los usuarios según su riesgo de caries en bajo – mediano – alto, e incluso se puede acceder a información sobre educación para el cuidado bucal. (18, 19)

En 2018, Lee et al.⁸ propusieron un algoritmo de red neuronal convolucional basado en aprendizaje profundo para diagnosticar caries dental en imágenes radiográficas periapicales con una precisión del 89% para los modelos premolares, 88% para los molares (37). A pesar de lograr un sistema de detección de alta sensibilidad y especificidad, el principal inconveniente de los métodos anteriores es que estos autores no hicieron referencia al sistema de clasificación de caries, que se utilizó para clasificar las lesiones de caries en diferentes categorías. (43)

RDFNet es un sistema para la detección de caries en dispositivos portátiles. Basado en la red troncal original de YOLOv5, este método integra el mecanismo transformador para extraer características, mejorando la precisión de la detección. El método RDFNet puede mejorar eficazmente la precisión de la detección de caries y, al mismo tiempo, permite una detección más rápida. (39)

COI es una cámara intraoral que es económica, fácil de operar con almacenamiento digital y capaz de capturar imágenes de alta calidad. También se ha demostrado que la caries se puede identificar de forma sencilla y fiable utilizando el COI (24). La detección de caries dental a partir de fotografías intraorales mediante DL es económica y accesible, lo que permite condiciones avanzadas de salud bucal. Además, esta técnica de diagnóstico asistido por ordenador (CAD) es un asistente fiable y estandarizado. (24)

En el estudio presentado por Sornan et al. (37) los autores propusieron un algoritmo basado en inteligencia artificial, que analiza las características de la matriz de niveles de grises (GLCM) de las radiografías de ala de mordida para identificar caries dentales; este método logró una precisión del 99,16%. Srivastava et al. (37) desarrollaron un sistema de diagnóstico asistido por computadora para detectar caries dental en radiografías de ala de mordida basado en una red neuronal profunda y totalmente convolucional compuesta por más de 100 capas. En comparación con los dentistas humanos, el sistema superó sus rendimientos promedio.

En los últimos años, se ha desarrollado y probado la transiluminación de luz infrarroja cercana (**NILT**), una alternativa a la radiografía para la detección y evaluación de lesiones de caries, por ejemplo, **DIAGNOcam** (KaVo, Biberach, Alemania). NILT permite evaluar los dientes en movimiento (proporcionando así una evaluación tridimensional) o grabar vídeos o imágenes. A diferencia de la radiografía, no se genera radiación ionizante. Además, el dispositivo es portátil y puede aplicarse repetidamente en niños y en intervalos cortos, por ejemplo, en individuos de alto riesgo. Se ha confirmado que NILT muestra precisiones similares para lesiones de caries proximales a la radiografía mediante estudios tanto in vitro como in vivo (23, 35).

Se ha demostrado previamente que las nanopartículas fluorescentes de almidón (TFSN) se unen selectivamente y se acumulan en poros cariados microscópicos del esmalte (35). Dado que la porosidad de la superficie del esmalte es un indicador conocido de “actividad” de caries, se cree que la iluminación fluorescente positiva es un indicador de la actividad de la lesión, mientras que las lesiones inactivas carecen de porosidad superficial y, por lo tanto, no están marcadas con fluorescencia por los TFSN (35). La fluorescencia intensa y la orientación específica de los TFSN permiten la detección visual de lesiones de caries, incluidas lesiones en etapas muy tempranas con alta reproducibilidad, sensibilidad y especificidad (35).

Hay estudios que investigan el diagnóstico de lesiones de manchas blancas y lesiones de caries dental en fotografías orales utilizando aprendizaje profundo (DL) (16). Los estudios en esta área pueden permitir un diagnóstico de caries más rápido y preciso

en el futuro. Las herramientas de diagnóstico basadas en IA tienen el potencial de mejorar la precisión del diagnóstico, facilitar la detección temprana y apoyar la toma de decisiones de tratamiento en una variedad de contextos clínicos (18). De manera similar otro estudio exploró el uso de una CNN para detectar caries oclusal en radiografías de ala de mordida, reportando un rendimiento diagnóstico comparable al de los examinadores humanos y sugiriendo que los métodos basados en IA podrían servir como complementos valiosos a las técnicas de diagnóstico tradicionales (20).

Múltiples estudios han demostrado que la IA puede detectar caries en BWR con alta precisión y sensibilidad, superando a los expertos en algunos casos (16, 20), el uso de inteligencia artificial en el diagnóstico de caries dental parece prometedor, pero se requiere más investigación para proporcionar evidencia sólida.

2- Identificar limitaciones del uso de inteligencia artificial en el diagnóstico de caries.

Aunque los distintos sistemas de I.A como las redes neuronales convolucionales (CNN) o aprendizaje profundo (DL) parecen entregar evidencia científica prometedora en el diagnóstico de caries, hay ciertas limitaciones que es importante tener en consideración, una de las principales limitaciones de estos métodos es que requieren un conjunto de datos anotados a gran escala para el entrenamiento de estos modelos.

Los estudios sobre modelos CNN para la detección de caries dental en fotografías bucales son aún limitados, y aunque si bien las fotografías orales tomadas con teléfonos inteligentes muchas veces son útiles para detectar caries, algunas áreas bucales son difíciles de capturar, es por esto por lo que los teléfonos inteligentes no son del todo apropiados para el diagnóstico clínico dental. (22)

La adopción de estas herramientas de I.A patentadas está limitada por muchos factores, incluida también la novedad. Esta “novedad” permite al autor imaginar una herramienta que sería útil para diagnosticar caries en un entorno clínico comunitario donde el diagnóstico de caries por parte del dentista puede ser riguroso. La ayuda de diagnóstico propuesta para los dentistas debería ser fácilmente accesible, fácil de usar y

rápida. El autor opinó que una aplicación de IA que se ejecutara en un teléfono móvil cumpliría estos requisitos; sin embargo, actualmente no existe ninguna aplicación de este tipo. (30)

Una de las consideraciones legales críticas en el diagnóstico de caries dental basado en IA es determinar la responsabilidad en caso de diagnóstico erróneo o fracaso del tratamiento. A medida que los sistemas de IA se vuelven más autónomos, asignar responsabilidad se vuelve complejo. Comprender si el dentista, el desarrollador de IA o ambos deben ser considerados responsables requiere debates legales matizados y marcos legislativos potencialmente nuevos. Se subraya la importancia de validar herramientas de diagnóstico impulsadas por IA utilizando conjuntos de datos diversos y representativos, así como de realizar estudios prospectivos para evaluar su desempeño y sus impactos en los resultados de los pacientes en la práctica clínica real. (41)

Otros aspectos importantes que es necesario considerar incluyen cuestiones relacionadas con la privacidad y la seguridad de los datos, la integración de herramientas de diagnóstico basadas en IA en la práctica odontológica plantea importantes consideraciones éticas y legales, particularmente en relación con la privacidad de los datos, el consentimiento informado y la responsabilidad profesional (41). Los modelos de IA requieren una gran cantidad de datos para su entrenamiento, validación y prueba. En odontología, estos datos incluyen información altamente confidencial del paciente, como

imágenes dentales, historiales médicos y detalles demográficos. Garantizar la privacidad y seguridad de estos datos es primordial, lo que requiere medidas sólidas de protección de datos y el cumplimiento de regulaciones existentes. El uso de datos de pacientes para entrenar sistemas de IA requiere un consentimiento informado. Los pacientes deben saber cómo se utilizarán sus datos y los riesgos potenciales (38). La complejidad de la IA puede plantear desafíos para lograr un consentimiento verdaderamente informado, lo que requiere esfuerzos para educar a los pacientes sobre la tecnología.

El juicio algorítmico es otro desafío ético importante. Los modelos de IA aprenden de los datos con los que se entrenan. Los modelos de IA pueden hacer diagnósticos

erróneos si los datos están sesgados. Garantizar que los sistemas de IA estén capacitados con datos diversos y representativos es fundamental para mitigar este problema. Garantizar la diversidad y la representatividad en los datos de formación es una consideración ética esencial. Otra limitación de los sistemas de IA es la diversidad de algoritmos de IA existentes y las modalidades de imágenes utilizadas en el diagnóstico dental (38, 41). Esta diversidad de algoritmos puede dificultar la comparación de la eficacia de diferentes herramientas de diagnóstico basadas en IA impidiendo el desarrollo de directrices estandarizadas para su uso.

Por otra parte, la anotación de imágenes sin etiquetar es muy costosa, consume mucho tiempo y, en ocasiones, es inviable, por ejemplo, debido a la falta de disponibilidad de expertos. Además del problema de la disponibilidad de datos, la mayoría de los modelos DL necesitan recursos computacionales suficientemente altos para su entrenamiento, por ejemplo, unidades de procesamiento gráfico (GPU) y unidades de procesamiento tensorial, recursos generalmente no están disponibles en entornos clínicos (41)

La aplicación de la IA en el diagnóstico de caries dental es inmensamente prometedora, pero no está exenta de desafíos éticos y legales (15). A medida que continuamos integrando la IA en la práctica odontológica, es esencial un marco ético y legal adaptado a los desafíos únicos de la IA. Este esfuerzo será fundamental para construir un futuro en el que la IA sea parte integral de la odontología, impulsando mejores resultados para los pacientes y al mismo tiempo manteniendo la confianza y defendiendo los principios éticos, a medida que las tecnologías de IA se integran más en la práctica odontológica, es esencial desarrollar directrices y regulaciones claras para abordar estas preocupaciones y garantizar el uso seguro y responsable de las herramientas de diagnóstico basadas en IA.

A pesar de lograr un sistema de detección de alta sensibilidad y especificidad, el principal inconveniente de algunos métodos anteriores es que muchos de estos autores no hicieron referencia al sistema de clasificación de caries utilizado para clasificar las lesiones de caries.

Por último, la IA tiene varios desafíos que aún deben abordarse, incluida la necesidad de una validación sólida de los algoritmos de IA, abordar consideraciones éticas y legales y fomentar la colaboración efectiva entre las partes interesadas (41).

8. CONCLUSION

Si es posible el diagnóstico de caries a través de sistemas de inteligencia artificial pero solo a través del uso de imágenes, por lo que sigue siendo importante el diagnóstico clínico de un profesional experimentado, aun así, es importante considerar la evidencia científica analizada, existen una gran variedad de sistemas inteligentes para diagnosticar caries a través del análisis de imágenes, desde fotografías clínicas, radiografías, hasta sistemas de transiluminación aún se necesitan más estudios bien diseñados para demostrar el diagnóstico específico y sin sesgo de la caries en distintas etapas de progresión, es necesario sistemas que nos informen sobre la gravedad de la caries, la integridad del tejido lesionado y el alcance de la caries. En el futuro, la IA probablemente surgirá como tecnología suprema para detectar además de caries otras enfermedades de la región bucal ya que la IA tiene la facultad de analizar fácilmente grandes conjuntos de datos que contienen múltiples registros siendo de gran ayuda y eficiencia en la práctica clínica. Al parecer casi todos los modelos de IA brindan a los profesionales dentales información confiable, mejorando el proceso de toma de decisiones clínicas, es así como queda en evidencia que, utilizando técnicas de IA, se puede establecer una atención al paciente de alta calidad e investigaciones innovadoras en odontología.

La aplicación del aprendizaje profundo para detectar lesiones de caries y restauraciones en la radiografía Bitewing podría potencialmente ahorrar tiempo clínico para que los dentistas se concentren en la planificación del tratamiento y las acciones clínicas. Por otra parte, la tecnología de IA se puede utilizar para clasificar los resultados de los exámenes en la base de datos y guardarlos para su uso posterior, lo que hace también que la recopilación de datos y el registro de documentos médicos sean más eficientes (41).

Aun así, siguen existiendo vacíos legales, éticos y funcionales que necesitan ser estudiados en profundidad y aseguren la seguridad y precisión de estos sistemas en la práctica clínica, porque lo que, aunque la evidencia actual resulta prometedora y optimista, aun es necesario evidencia mas profunda y concisa sobre los distintos sistemas de I.A y su uso en el diagnóstico de caries.

9. ANEXOS



Anexo VI Formulario Solicitud para Dispensa de Documento de Consentimiento Informado

Fecha: 15 diciembre 2023

Título del Estudio: EVIDENCIA ACTUAL SOBRE EL DIAGNOSTICO DE CARIES A TRAVES DEL USO DE SISTEMAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL DE LOS ULTMOS 10 AÑOS; REVISION NARRATIVA SISTEMATIZADA DE LA LITERATURA.

Investigador Responsable: Doctora Macarena Morales.

Unidad Académica: Educación

Justificación de la dispensa: Se solicita dispensa debido a que este estudio corresponde a una revisión narrativa sistematizada.

Nombre y Firma del Investigador Responsable.

Macarena Morales

Nombre y Firma del Investigador Responsable.

Isaac Leyton Reyes

10. BIBLIOGRAFIA

1. Astorga B, Barraza C, Casals JM, Cisterna MJ, Mena D, Morales F, et al. Avances en el Estudio de la Diversidad Bacteriana Oral Asociada a Caries Dental Mediante el Estudio Genómico. *International journal of odontostomatology* [Internet]. 2015 Dec [cited 2021 Mar 8];9(3):349–56. Available from: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijodontos/v9n3/art02.pdf>
2. Gómez S, Uribe S, Gómez S, Uribe S. Pasado, presente y futuro de la cariología. *International journal of interdisciplinary dentistry* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 Mar 26];15(3):250–4. Available from: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2452-55882022000300250&lang=es
3. Descripción y Epidemiología [Internet]. DIPRECE. Available from: <https://diprece.minsal.cl/temas-de-salud/orden-alfabetico/guias-clinicas-no-ges/guias-clinicas-no-ges-salud-bucal/prevencion-y-tratamiento-de-caries-dental-en-ninos-y-ninas-con-denticion-primaria/descripcion-y-epidemiologia/>
4. ANÁLISIS DE SITUACIÓN DE SALUD BUCAL EN CHILE [Internet]. Available from: <https://www.minsal.cl/sites/default/files/files/An%C3%A1lisis%20de%20Situaci%C3%B3n%20Salud%20Bucal%20final%20pdf.pdf>
5. Velásquez-González A, Sepúlveda-Verdugo C, Ortuño-Borroto D, Barrientos-Morales C. Recomendaciones para Resolución de Urgencias Odontológicas en Atención Primaria de Salud Durante la Pandemia de SARS-CoV-2. *Int J Odontostomatol* [Internet]. 2020 [citado el 12 de mayo de 2023];14(4):548–54. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X202000040054
6. Académico E, De Odontología P, Marly C, Chavez I. Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD [Internet]. 2023. Available from: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12717/2/IV_FCS_503_TE_Ibala_Chavez_2023.pdf
7. Guiñez-Coelho M, Letelier-Sepúlveda G, Guiñez-Coelho M, Letelier-Sepúlveda G. Especificidad y Sensibilidad de Sistema ICDAS TM versus Índice COPD en la Detección de Caries. *International journal of odontostomatology* [Internet]. 2020 Mar 1;14(1):12–8. Available from: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2020000100012&lang=pt
8. Armas-Vega A, Parise-Vasco JM. ICDAS: una herramienta para el diagnóstico de la caries dental. *Analysis Claves de Pensamiento Contemporáneo* [Internet]. 2020 Dec 31;27:6: pp. 1–9–6: pp. 1–9. Available from: <https://studiahumanitatis.eu/ojs/index.php/analysis/article/view/2020-arms/83>

9. Pitts NB, Rcs F, Ffph E, Ismail AI, Martignon S, Ekstrand K, et al. Guía ICCMSTM para clínicos y educadores [Internet]. lccms-web.com. [cited 2023 Jun 8]. Available from: <https://www.iccms-web.com/uploads/asset/5928471279874094808086.pdf>
10. Inteligencia artificial aplicada a la medicina respiratoria. Revista chilena de enfermedades respiratorias [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2022 Apr 21];37(4):271–4 Available from: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482021000400271&lang=es
11. Araya C. Desafíos legales de la inteligencia artificial en Chile. Revista Chilena de Derecho y Tecnología. 2020 Dec 31;9(2):257.
12. Zang Xiao-yi, Luo C, Qiao B, Jin N, Zhao Y, Zhang H. A deep learning model using convolutional neural networks for caries detection and recognition with endoscopes. Annals of Translational Medicine [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 Dec 15];10(24):1369–9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9843352/>
13. Dayı B, Üzen H, Çiçek İB, Duman ŞB. A Novel Deep Learning-Based Approach for Segmentation of Different Type Caries Lesions on Panoramic Radiographs. Diagnostics [Internet]. 2023 Jan 1 [cited 2023 May 23];13(2):202. Available from: <https://www.mdpi.com/2075-4418/13/2/202>
14. Karhade DS, Roach J, Shrestha P, Simancas-Pallares MA, Ginnis J, Burk ZJS, et al. An Automated Machine Learning Classifier for Early Childhood Caries. Pediatric Dentistry [Internet]. 2021 May 15;43(3):191–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34172112/>
15. Khanagar SB, Alfouzan K, Awawdeh M, Alkadi L, Albalawi F, Alfadley A. Application and Performance of Artificial Intelligence Technology in Detection, Diagnosis and Prediction of Dental Caries (DC)—A Systematic Review. Diagnostics. 2022 Apr 26;12(5):1083.
16. Zheng L, Wang H, Mei L, Chen Q, Zhang Y, Zhang H. Artificial intelligence in digital cariology: a new tool for the diagnosis of deep caries and pulpitis using convolutional neural networks. Annals of Translational Medicine. 2021 May;9(9):763–3.
17. Patil S, Albogami S, Hosmani J, Mujoo S, Kamil MA, Mansour MA, et al. Artificial Intelligence in the Diagnosis of Oral Diseases: Applications and Pitfalls. Diagnostics. 2022 Apr 19;12(5):1029.
18. Al-Jallad N, Ly-Mapes O, Hao P, Ruan J, Ramesh A, Luo J, et al. Artificial intelligence-powered smartphone application, AICaries, improves at-home dental caries screening in children: Moderated and unmoderated usability test. Chua Chin Heng M, editor. PLOS Digital Health. 2022 Jun 2;1(6):e0000046.

19. Xiao J, Luo J, Ly-Mapes O, Wu TT, Dye T, Al Jallad N, et al. Assessing a Smartphone App (AICaries) That Uses Artificial Intelligence to Detect Dental Caries in Children and Provides Interactive Oral Health Education: Protocol for a Design and Usability Testing Study. *JMIR Research Protocols*. 2021 Oct 22;10(10):e32921.
20. Duong DL, Kabir MH, Kuo RF. Automated caries detection with smartphone color photography using machine learning. *Health Informatics Journal*. 2021 Apr;27(2):146045822110075.
21. Mao Y, Chen TY, Chou HS, Lin SY, Liu S, Chen Y, et al. Caries and Restoration Detection Using Bitewing Film Based on Transfer Learning with CNNs. 2021 Jul 5;21(13):4613–3.
22. Kühnisch J, Meyer O, Hesenius M, Hickel R, Gruhn V. Caries Detection on Intraoral Images Using Artificial Intelligence. *Journal of Dental Research*. 2021 Aug 20;101(2):158–65.
23. Casalegno F, Newton T, Daher R, Abdelaziz M, Lodi-Rizzini A, Schürmann F, et al. Caries Detection with Near-Infrared Transillumination Using Deep Learning. *Journal of Dental Research* [Internet]. 2019 Oct 1;98(11):1227–33. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31449759/>
24. Park EY, Cho H, Kang S, Jeong S, Kim EK. Caries detection with tooth surface segmentation on intraoral photographic images using deep learning. *BMC Oral Health*. 2022 Dec 7;22(1).
25. Moran M, Faria M, Giraldo G, Bastos L, Oliveira L, Conci A. Classification of Approximal Caries in Bitewing Radiographs Using Convolutional Neural Networks. *Sensors* [Internet]. 2021 Jan 1;21(15):5192. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/15/5192>
26. Vinayahalingam S, Kempers S, Limon L, Deibel D, Maal T, Hanisch M, et al. Classification of caries in third molars on panoramic radiographs using deep learning. *Scientific Reports* [Internet]. 2021 Jun 15 [cited 2022 May 18];11(1):12609. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-92121-2>
27. Zhou X, Yu G, Yin Q, Liu Y, Zhang Z, Sun J. Context Aware Convolutional Neural Network for Children Caries Diagnosis on Dental Panoramic Radiographs. *Computational and Mathematical Methods in Medicine* [Internet]. 2022 [cited 2023 Dec 15];2022:6029245. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36188109/>
28. Schwendicke F, Rossi JG, Göstemeyer G, Elhennawy K, Cantu AG, Gaudin R, et al. Cost-effectiveness of Artificial Intelligence for Proximal Caries Detection. *Journal of Dental Research*. 2020 Nov 16;100(4):369–76.

29. Lee S, Oh S, Jo J, Kang S, Shin Y, Park J. Deep learning for early dental caries detection in bitewing radiographs. *Scientific Reports*. 2021 Aug 19;11(1).
30. Qayyum A, Tahir A, Butt MA, Luke A, Abbas HT, Qadir J, et al. Dental caries detection using a semi-supervised learning approach. *Scientific Reports*. 2023 Jan 13;13(1).
31. Prados-Privado M, García Villalón J, Martínez-Martínez CH, Ivorra C, Prados-Frutos JC. Dental Caries Diagnosis and Detection Using Neural Networks: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*. 2020 Nov 6;9(11):3579.
32. Felsch M, Meyer O, Schlickerrieder A, Engels P, Schönewolf J, Zöllner F, et al. Detection and localization of caries and hypomineralization on dental photographs with a vision transformer model. *npj Digital Medicine* [Internet]. 2023 Oct 25 [cited 2023 Dec 15];6(1):1–8. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41746-023-00944-2>
33. Chen X, Guo J, Ye J, Zhang M, Liang Y. Detection of Proximal Caries Lesions on Bitewing Radiographs Using Deep Learning Method. *Caries Research*. 2022 Oct 10;
34. Bayraktar Y, Ayan E. Diagnosis of interproximal caries lesions with deep convolutional neural network in digital bitewing radiographs. *Clinical Oral Investigations*. 2021 Jun 25;
35. Holtkamp A, Elhennawy K, Cejudo Grano de Oro JE, Krois J, Paris S, Schwendicke F. Generalizability of Deep Learning Models for Caries Detection in Near-Infrared Light Transillumination Images. *Journal of Clinical Medicine*. 2021 Mar 1;10(5):961.
36. Al-Namankany A. Influence of Artificial Intelligence-Driven Diagnostic Tools on Treatment Decision-Making in Early Childhood Caries: A Systematic Review of Accuracy and Clinical Outcomes. *Dentistry Journal* [Internet]. 2023 Sep 1 [cited 2023 Dec 15];11(9):214. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-6767/11/9/214>
37. Reyes LT, Knorst JK, Ortiz FR, Ardenghi TM. Machine learning in the diagnosis and prognostic prediction of dental caries: a systematic review. *Caries Research*. 2022 May 30;
38. Duong DL, Nguyen QDN, Tong MS, Vu MT, Lim JD, Kuo RF. Proof-of-Concept Study on an Automatic Computational System in Detecting and Classifying Occlusal Caries Lesions from Smartphone Color Images of Unrestored Extracted Teeth. *Diagnostics*. 2021 Jun 22;11(7):1136.
39. Jiang H, Zhang P, Che C, Jin B. RDFNet: A Fast Caries Detection Method Incorporating Transformer Mechanism. *Computational and Mathematical Methods in Medicine* [Internet]. 2021 [cited 2023 Dec 15];2021:9773917. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34804198/>

40. Zhou X, Yu G, Yin Q, Yang J, Sun J, Lv S, et al. Tooth Type Enhanced Transformer for Children Caries Diagnosis on Dental Panoramic Radiographs. *Diagnostics*. 2023 Feb 12;13(4):689.
41. Anil S, Porwal P, Porwal A. Transforming Dental Caries Diagnosis Through Artificial Intelligence-Based Techniques. *Cureus* [Internet]. 2023 Jul 1;15(7):e41694. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37575741/>
42. Talpur S, Azim F, Rashid M, Syed SA, Talpur BA, Khan SJ. Uses of Different Machine Learning Algorithms for Diagnosis of Dental Caries. *Journal of Healthcare Engineering* [Internet]. 2022 Mar 31;2022:e5032435. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/jhe/2022/5032435/>
43. Jones KA, Jones N, Tenuta LMA, Bloembergen W, Flannagan SE, González-Cabezas C, et al. Convolution Neural Networks and Targeted Fluorescent Nanoparticles to Detect and ICDAS Score Caries. *Caries Research* [Internet]. 2022 [cited 2023 Dec 15];56(4):419–28. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36162361/>
44. Zhang X, Liang Y, Li W, Liu C, Gu D, Sun W, et al. Development and evaluation of deep learning for screening dental caries from oral photographs. *Oral Diseases*. 2020 Dec 19;28(1):173–81.
45. García-Cañas Á, Bonfanti-Gris M, Paraíso-Medina S, Martínez-Rus F, Pradíes G. Diagnosis of interproximal caries lesions in bitewing radiographs using a deep convolutional neural network-based software. *Caries Research*. 2022 Nov 1;
46. Pun MHJ. Real-Time Caries Detection of Bitewing Radiographs Using a Mobile Phone and an Artificial Neural Network: A Pilot Study. *Oral* [Internet]. 2023 Sep 1;3(3):437–49. Available from: <https://www.mdpi.com/2673-6373/3/3/35>