



**Universidad
Europea** VALENCIA

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

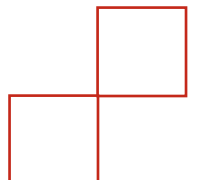
Curso 2022-23

**INFLUENCIA DE LA LUZ Y LA HUMEDAD EN LA
PRECISIÓN Y EXACTITUD DEL ESCANEADO
DENTAL SOBRE ESTUDIOS IN-VITRO: UNA
REVISIÓN SISTEMÁTICA**

Presentado por: Manon Madrona

Tutor: Luis Perez Beltran

Campus de Valencia
Paseo de la Alameda, 7
46010 Valencia
universidadeuropea.com



AGRADECIMIENTOS

A mi tutor y profesor clínico, Luis, me gustaría expresarle mi agradecimiento por su apoyo, ayuda y consejos a lo largo de este último año de universidad. Gracias por estar a mi lado cuando te necesitaba.

À Baptiste, mon petit frère que j'aime profondément, je suis désolée de ne pas avoir pu te voir grandir comme je l'aurais voulu. Ne laisse jamais les gens te rabaisser ou te dévaloriser, car tu es un garçon extraordinaire et nous savons tous les deux de quoi tu es capable.

À mes parents, Alain et Carole, je tiens à vous remercier du plus profond de mon cœur pour votre amour, l'éducation que vous m'avez donné depuis toute petite et pour votre travail acharné car sans vous, je ne serais pas là où je suis aujourd'hui. Vous m'avez offert une expérience extraordinaire. Grâce à votre soutien durant ces cinq années d'étude à distance, j'ai pu m'épanouir et définir mon propre chemin. J'ai découvert une nouvelle vie, profité d'un environnement extraordinaire et découvert la personne que je suis aujourd'hui. Je ne vous remercierai jamais assez pour l'opportunité que vous m'avez donné. Je suis consciente que la vie n'a pas été facile pour vous, mais vous m'avez toujours soutenu quand j'en avais besoin, guidé sur le bon chemin et encouragé à toujours prendre les bonnes décisions. Je vous remercie de m'avoir fait confiance et d'avoir cru en moi, ce qui m'a motivé à toujours essayer de donner le meilleur de moi-même. Je continuerai à essayer quoi qu'il arrive, parce que vous m'avez appris à ne jamais abandonner et à me battre pour ce que l'on veut.

A Nolwenn y a mis amigas, con los que viví esos cinco años maravillosos llenos de recuerdos, viajes, fiestas y veladas acogedoras. Gracias por formar parte de mi vida. Gracias a vosotras pude florecer y encontrar mi lugar. Sé que siempre podré contar con vosotras, porque sois MIS verdaderas amigas. El final de estos estudios no significa el final de nuestra amistad. Os quiero chicas.

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	3
3. PALABRAS CLAVES	5
4. INTRODUCCIÓN	7
4.1 Generalidades	7
4.2 Características de los escáneres intraorales	8
4.3 Funcionamiento y clasificación de los escáneres intraorales	9
4.4 Tipos de escáneres intraorales	10
4.5 Clasificación de los sistemas CAD/CAM	11
4.6 Fases del CAD/CAM	12
4.7 Ventajas / desventajas de los escáneres intraorales	13
4.8 Aspectos que influyen en el escaneado	16
4.8.1 Influencia de la humedad en el escaneado	16
4.8.2 Influencia de la luz en el escaneado	16
4.8.3 Influencia de la temperatura en el escaneado	17
5. JUSTIFICACIÓN E HIPOTESIS	19
5.1 Justificación	19
5.2 Hipótesis	20
6. OBJETIVOS	22
7. MATERIAL Y MÉTODO	24
7.1 Identificación de la pregunta PICO	24
7.2 Criterios de elegibilidad	25
7.3 Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos	26
7.4 Proceso de selección de los estudios	27
7.5 Extracción de datos	27
7.6 Valoración de la calidad	29
7.7 Síntesis de datos	31
8.RESULTADOS	33
8.1 Selección de estudios. Flow chart	33
8.2 Análisis de las características de los estudios revisados	36
8.3 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo	45
8.4 Síntesis de resultados	46
8.4.1 Exactitud y precisión en condiciones de luz	46
8.4.2 Exactitud y precisión en condiciones de humedad	51
9. DISCUSIÓN	55
9.1. Exactitud y precisión en condiciones de luz	55
9.2 Exactitud y precisión en condiciones de humedad y saliva	58
9.3 Limitaciones del estudio	60
10.CONCLUSIONES	64
11. BIBLIOGRAFIA	66
12.ANEXOS	73

1. RESUMEN

Introducción: La odontología es un campo en constante evolución, y el mayor avance reciente ha sido la tecnología digital con escáneres intraorales y sistemas CAD/CAM. Estos avances facilitan la planificación del tratamiento, además de mejorar la comunicación con el laboratorio. El campo digital puede sustituir a los métodos tradicionales, ofreciendo resultados más precisos. Sin embargo, hay varios factores que pueden influir en la precisión y exactitud de los escáneres intraorales, como la luz, la humedad y la saliva, lo que necesitaría una calibración y unas condiciones específicas a la hora de tomar impresiones digitales.

Material y método: Se efectuó una búsqueda electrónica en las bases de datos Pubmed, Scopus y Web of Science sobre la precisión y la exactitud de los escáneres intraorales en condiciones de luz y humedad.

Resultados: A total of 328 eligible publications were selected, eight of which met the inclusion criteria. Five articles dealt with light distribution and three with humidity and salivary conditions. Several studies showed that intraoral scanners performed best in light conditions of 1000 to 1003 lux for precision and accuracy, while one study showed that 3300 lux was optimal for accuracy. Not all scanners performed equally well for precision and accuracy in different lighting conditions. The accuracy and precision of intraoral scanners are less affected in dry conditions and at the lowest possible relative humidity.

Conclusión: Lighting, humidity and saliva conditions influence the precision and accuracy of intraoral scanners when taking digital impressions. Proper calibration of intraoral scanners is recommended, depending on the brand.

Palabras claves: Escáner intraoral, IOS, CAD/CAM, condiciones de luz ambiental, humedad, saliva, precisión, exactitud.

2. ABSTRACT

Introduction: Dentistry is a constantly evolving field, and the biggest recent advance has been digital technology with intraoral scanners and CAD/CAM systems. These advances make treatment planning easier, as well as improving communication with the laboratory. The digital field can replace traditional methods, providing more accurate results. However, there are several factors that can influence the precision and accuracy of intraoral scanners, such as light, humidity and saliva, which would require calibration and specific conditions when taking digital impressions.

Material and Methods: An electronic search of Pubmed, Scopus and Web of Science databases on the precision and accuracy of intraoral scanners under light and humidity conditions was performed.

Results: 328 eligible publications were selected, eight of which met the inclusion criteria. Five articles dealt with light distribution and three with humidity and salivary conditions. Several studies showed that intraoral scanners performed best in light conditions of 1000 to 1003 lux for precision and accuracy, while one study showed that 3300 lux was optimal for accuracy. Not all scanner models performed equally well for precision and accuracy in different lighting conditions. The accuracy and precision of intraoral scanners are less affected in dry conditions.

Conclusion: Lighting, humidity and saliva conditions influence the accuracy and precision of intraoral scanners when taking digital impressions. Proper calibration of intraoral scanners is recommended, depending on the brand.

Keywords: Intraoral scanner, IOS, CAD/CAM, ambient light conditions, humidity, saliva, precision, accuracy.

3. PALABRAS CLAVES

- I. Intraoral scanner
- II. IOS
- III. CAD/CAM
- IV. Ambient light conditions
- V. Humidity
- VI. Saliva
- VII. Precision
- VIII. Accuracy

4. INTRODUCCIÓN

4.1 Generalidades

El cambio más significativo e importante en odontología en el siglo XXI, se ha producido en el ámbito digital. La tecnología de diseño asistido por ordenador y fabricación asistida por ordenador (CAD/CAM) fue revolucionario (1)

El sistema CEREC (Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics) ha demostrado ser un dispositivo innovador en la industria dental CAD/CAM. Se presentó el primer sistema CAD/CAM en 1985, en el Congreso Internacional de la Asociación Dental Francesa. El sistema CAD/CAM empezó a progresar y a realizar avances que permitieron un flujo de trabajo digital cada vez más eficaz a medida que pasaba el tiempo (2,3).

Muchas empresas dentales han centrado sus esfuerzos en este campo en un intento de producir IOS de alta calidad (2)

Actualmente, los escáneres intraorales y los sistemas CAD/CAM, nos permiten una planificación del plan de tratamiento más fácil, una mejor comunicación con los laboratorios, facilitan la admisión de casos, una reducción del tiempo de intervención y de tratamiento (4). Para muchos tratamientos dentales que sean en restauradora u ortodoncia, es esencial la exploración y registro tridimensional. En la odontología restauradora, el escaneado tridimensional representa una parte importante, especialmente para la fabricación de una prótesis fija dental (5).

De hecho, la toma de impresión es un paso fundamental en el proceso de restauración, con el fin de obtener el mejor resultado posible. En odontología, existen dos métodos para tomar impresiones orales. El método tradicional, con alginato que es un hidrocoloide irreversible, suele ser elegido en el caso de trabajos que requieren menos precisión y menos calidad (6). Tendremos dos tipos de materiales habituales de impresión definitiva (elastómericos) como el poliéter y la silicona. El poliéter es un material hidrófilo y rígido con un elevado módulo de elasticidad. La silicona de condensación se consigue por reacción de policondensación reticulada, que libera alcohol y eso favorece la contracción de la impresión. La silicona es una impresión precisa y tiene una buena restauración elástica tras retirar la impresión de la boca (7).

Además, sabemos que los cambios volumétricos de los materiales de impresión convencionales y la expansión del yeso pueden ser fuentes de error (4). Y las impresiones digitales, que se utilizarán más para la preparación de prótesis fijas o removibles, por ejemplo (6).

Una restauración dental bien hecha y duradera requiere cuatro características esenciales: una buena adaptación marginal, biocompatible, estética y una buena resistencia mecánica. La adaptación marginal al diente no debe tener discrepancias para tener una restauración duradera en el tiempo y no aumentar el riesgo de infiltración bacteriana y, por tanto, de caries (8,9).

4.2 Características de los escáneres intraorales

Los escáneres intraorales, también conocidos como IOS, son dispositivos que tienen la capacidad de tomar impresiones ópticas directamente en la boca (10,11). Permiten detectar las superficies de un objeto y las captura como datos tridimensionales (12). Se componen de una cámara portátil (hardware), un ordenador y un software (4). Requieren una fuente de luz, que puede ser un láser o una luz estructurada, que luego se graba como imágenes individuales o como vídeo. Estas imágenes o vídeos son recopilados por el software de digitalización. Este último genera nubes de puntos que son una multitud de conjuntos de puntos (4,10,11). A continuación, este mismo programa las triangulará y creará un modelo de superficie en 3D, también llamado malla. La malla es la forma en que se representan las superficies en los programas informáticos de gráficos. Es decir, que es una colección de vértices y triángulos e incluye información sobre cómo los vértices forman los triángulos y cómo se conectan los triángulos. Como resultado, hay diferencias en la densidad de malla y la calidad de malla entre IOS. Por tanto, cuanto mayor sea la densidad de la malla, más precisos serán los resultados del análisis (10,11). En cuanto a la proyección y captura de la luz, diferenciamos dos técnicas: la técnica pasiva, donde utilizamos la luz ambiental para irradiar los tejidos intraorales. Esta técnica depende de un nivel de textura de un objeto. Y la técnica activa que utiliza una luz blanca, roja o azul estructurada sobre el objeto proyectada desde la cámara. Esta técnica

dependerá menos de la textura y el color reales del tejido para proceder a la reconstrucción (4).

Así, el escáner intraoral pudo hacerse un hueco para muchas indicaciones, en diferentes campos de odontología. Tanto para el diagnóstico, restauraciones, como en prostodoncia para inlays/onlays, coronas, prótesis parciales fijas y removibles, espigas y pilares, puentes. Luego, para fines más estéticos, como el diseño digital de sonrisas o la ortodoncia. Debido a su gran precisión, se utilizan cada vez más en la cirugía de implantes (6,10).

Conforme a la norma ISO 5725, la exactitud se caracteriza por dos métodos de medición: la veracidad y la precisión (4,10,11). En efecto, la exactitud se describe como la habilidad de una medición para coincidir con el valor real. Y la precisión es el segundo factor de exactitud, se caracteriza como la habilidad de una medición para repetirse de forma sistemática, por ejemplo, representa la reproducibilidad de los diversos métodos de impresión (13,14).

Entonces, la precisión y la fiabilidad de una medida se tiene que valorar mediante la repetibilidad, la validez y la reproducibilidad. La repetibilidad se define como la concordancia entre mediciones repetidas y la reproducibilidad viene definida por la concordancia entre examinadores (15). Luego, tenemos que completarlo con la veracidad, que es igual de importante, se define como el grado de detalle y aproximación de la impresión digital a la realidad, y varía en función de la situación (16). El procedimiento de medición contribuye a las variaciones de la veracidad y la precisión comunicadas para el IOS, pues depende de factores como el operario, el equipo utilizado, la calibración, el tiempo transcurrido entre las mediciones y del entorno, entendemos la humedad, temperatura, ... (4). Por lo tanto, es importante que los dentistas sepan elegir sus escáneres en función de su alto nivel de veracidad y precisión (10,11).

4.3 Funcionamiento y clasificación de los escáneres intraorales

Los escáneres intraorales se pueden clasificar en dos tipos. Por un lado, tenemos los escáneres con cámaras de imagen única, que permiten grabar imágenes individuales de los dientes. Por ejemplo, los escaneres iTero (Align Technology), PlanScan (Plan- meca), CS 3500 (Carestream Dental LLC) y Trios

(3 shape), son cámaras que registran más o menos tres dientes en una imagen. Cuando se quieren registrar más de tres dientes, tenemos que grabar una serie de imágenes individuales que serán superpuestas, así el programa de software podrá ensamblar las imágenes en un modelo virtual tridimensional. Para tener un registro muy preciso y de calidad, se tiene que colocar la cámara en diferentes ángulos. Y, por otro lado, tenemos los escáneres con cámaras de video que utilizan los sistemas True Definition scanner, Apollo DI y Omnicam. Después, tendremos los escáneres de laboratorio. Son escáneres que utilizan una rejilla de luz de medición sobre las estructuras dentales, utilizando un ángulo que provoca un desplazamiento de fase de la rejilla dependiente de la profundidad, y la cámara lo registra en su sensor digital. Por fin, gracias a la imagen de la rejilla de medición y a los escáneres mecánicos, el ordenador puede calcular los datos 3D y confeccionar la estructura dental (17).

4.4 Tipos de escáneres intraorales

Disponemos de varios modelos de escáneres intraorales en el mercado mundial (1).

Existen diferentes IOS en las tecnologías de objetos a distancia. Distinguiremos a tres tipos de escáneres intraorales (5,18):

1. **Microscópica de laser confocal:** Con esa técnica se permite obtener imágenes centradas a profundidades seleccionadas, en efecto solo captura imágenes de un nivel de profundidad cada vez (5,18). Estas imágenes se obtienen punto por punto y estarán recopiladas por ordenador. Así, se permite reconstruir el contorno de la superficie de las muestras opacas y crear imágenes del interior de las muestras no opacas (5).
2. **Técnicas de triangulación:** Es una técnica sin contacto, permite recoger los datos de forma digital para luego elaborar modelos digitales tridimensionales. Diferenciamos a dos tipos de triangulación: la activa donde se proyecta la luz sobre la zona y se registra su reflejo para calcular la localización del objeto de interés. Y luego tenemos la pasiva, al

contrario de la técnica activa, no emite ninguna radiación. Se apoya solamente en la percepción de la radiación ambiental reflejada (5).

- 3. Técnica muestreo activo de onda:** Esta técnica permite obtener gracias a una cámara y un módulo AWS, imágenes tridimensionales. Un módulo AWS es una apertura exterior al eje que se mueve en una trayectoria circular alrededor del eje óptico. Entonces, se calcula la información de distancia y de profundidad a partir del patrón generado por el módulo (5,18).

4.5 Clasificación de los sistemas CAD/CAM

Los sistemas CAD/CAM se pueden clasificar en dos grupos. Por un lado, tendremos el sistema “chairside” que corresponde a la producción en la consulta o de sillón, y, por otro lado, tendremos a los sistemas que corresponde a la elaboración en el laboratorio (17,19).

Sistema “chairside”

En este sistema, encontraremos a todos los componentes del CAD/CAM en la propia clínica dental, a saber, el escáner, procesamiento de la imagen y creación de la restauración digital y las unidades de fresado (17,19). Por ejemplo, encontraremos PlanScan o CEREC, estos últimos utilizan un flujo de trabajo únicamente digital (20,21). Las restauraciones que se fabricarán gracias a este sistema dependerán principalmente del tamaño de la fresadora, del bloque de material y por fin de las propiedades del material conseguido. Así que este sistema se ve un poco más limitado, y se utilizara más para hacer pequeñas restauraciones. El objetivo principal sería realizar una restauración definitiva en una única sesión (21). El dentista tomará la impresión digital con un escáner intraoral, luego diseña en clínica la restauración. El software tiene la ventaja que genere de forma automática el programa para la unidad de fresado (5). Este método supone un ahorro de tiempo para el paciente, pero resulta muy caro y requiere un elevado coste (19). Entonces, se trata de un sistema cerrado, donde todos los pasos se integran en un solo sistema, y no hay intercambio entre

distintos sistemas de otras empresas, incluyen la adquisición de datos, el diseño virtual y la fabricación de restauraciones por la misma empresa (17,22).

Sistema de laboratorio

En este sistema, podemos subdividirlo en dos subgrupos según si enviamos el trabajo en impresión digital o de forma analógica. Cuando se envía la impresión de forma analógica, se escanea los modelos de yeso con un proceso de digitalización indirecta, a partir de escáneres de laboratorio (14).

El dentista toma una impresión convencional, lo envía al laboratorio dental, el técnico dental vierte yeso dentro de la impresión con el fin de escanear al modelo de escayola para obtener un modelo digital en 3D. Luego el protésico podrá diseñar la prótesis con el sistema CAD/CAM. Una vez hecha, lo envía a la fresadora para realice la prótesis (5).

Otra opción, es que los dentistas pueden enviar la impresión digital tomada con un escáner intraoral en clínica hacia el laboratorio (23). Una vez recibida la impresión digital, el laboratorio puede descargar el archivo y utilizar un software para procesar al diseño de la prótesis. Luego lo envía a la fresadora (5).

Los sistemas de laboratorio se tratan de sistemas cerrados, es decir que son los que permiten la incorporación de los datos digitales originarios por los programas informáticos CAD y los dispositivos CAM de diversas empresas (17,22).

4.6 Fases del CAD/CAM

Los sistemas CAD/CAM constan de 3 partes principales (1,22,24,25):

Adquisición de datos

Esta etapa, se encarga de recoger los datos en geometría 3D de la zona de los dientes que se van a tratar con el escáner intraoral. Luego, transforma el modelo dental real en un modelo dental virtual (1,20,22,26).

CAD

Este componente corresponde al software, que permite procesar la información y los datos. Planificando y elaborando una restauración virtual en 3D a partir del ordenador (24).

CAM

Por último, corresponde al dispositivo de fresado informatizado. Se encarga de fabricar la restauración. Se utiliza para fabricar una restauración a partir de un bloque sólido de material restaurador o métodos aditivos. Se utilizan en la creación rápida de prototipos. Son procesos diferentes, aunque se obtiene con ellos el mismo resultado. La fabricación por fresado es la obtención de restauraciones mediante una fresa rotatoria que se mueve entre tres y cinco ejes para eliminar material de una pieza maciza inicial hasta la producción del diseño deseado. Por el contrario, el sinterizado se basa en la adición capa a capa del material unido por la fusión de este, provocada por un láser. Similar al proceso de una impresora 3D aunque con distintos materiales (17,25).

4.7 Ventajas / desventajas de los escáneres intraorales

Los IOS tienen varias ventajas sobre su uso.

Reducir la responsabilidad del operador

En efecto, sabemos que la impresión de precisión es un procedimiento muy importante a la hora de confeccionar una prótesis y tiene que ser muy precisa. Representa un trabajo estresante e intenso para los técnicos (1). Pero con los IOS, se puede eliminar todos los errores de fabricación como la distorsión del material de impresión, la expansión del yeso, la desviación al fijar un modelo a un articulador y la contracción del vaciado (12). Así, en comparación con una impresión de precisión convencional, hay una disminución significativa del nivel de estrés del operador y una reducción del tiempo de sillón en la impresión óptica (1).

Reducir las molestias para el paciente

La diferencia entre las impresiones ópticas y las convencionales, es que las impresiones ópticas son capaces de capturar directamente la información en boca del paciente. No necesitan materiales de impresión. El problema con las impresiones convencionales es que utilizan a materiales fluidos, que se colocan

en boca y se dejan durante varios minutos, lo que puede molestar, especialmente en ancianos, paciente con reflejos nauseosos o niños (1,10).

Eficiencia temporal, reducción de costes

Los escáneres intraorales, permiten reducir los tiempos de trabajo y de coste. En efecto, permiten capturar la arcada completa en menos de tres minutos. Además, con los IOS, no necesitamos materiales de impresión, ni yesos, ya que se puede enviar por correo electrónico los modelos virtuales 3D, y eso reduce a la vez los costes y el tiempo (10).

Digitalización y visualización de impresiones en tiempo real

Con los IOS, se puede ver en tiempo real el escaneado sobre la pantalla, si el clínico no está satisfecho, lo puede borrar y tomar la impresión de nuevo. Así, permite ahorrar tiempo (1,10).

Además, obtendremos una mejor comunicación con el protésico dental, ya que después de tomar el escaneado, se puede enviar directamente al laboratorio y el protésico dental puede evaluar al mismo tiempo si está convencido o no de la calidad de la impresión óptica. Si no lo está, lo puede comunicar directamente al clínico, así ahorra tiempo, y podrá realizar otra impresión en la misma cita. Esto mejora la comunicación con el protésico dental y el clínico (10).

Seguimiento clínico virtual

Los modelos virtuales permiten un análisis tridimensional de los cambios cronológicos de los pacientes que seguimos en el tiempo. Además, es una ventaja importante porque las impresiones se pueden almacenar como archivos digitales sin requerimientos de espacios, ni se deteriorarán (1).

Buena comunicación con el paciente

Cuando utilizamos los IOS, el paciente se siente más involucrado en el proceso de tratamiento, lo que facilita la comunicación con él (10).

Además, Esto nos acerca, ya que los pacientes pueden ver una representación virtual de la impresión, como el color de los dientes y las encías (1).

Detección lesiones de caries y grietas dentales

Hoy en día, tenemos la punta de escaneo Cariosity, que permite diagnosticar lesiones de caries y grietas en superficies dentales (1).

Reducción del riesgo de infección posible

Sabemos que el material de impresión puede estar contaminado por gérmenes presentes en boca del paciente después de la toma de impresión. Y eso puede ser un foco de infección tanto en la clínica que en el laboratorio dental. Entonces, la punta de escaneo que es autoclave, y las imágenes 3D digitales, que no necesitan manipulación, conseguimos reducir el riesgo de infección (1).

Los IOS pueden también presentar limitaciones.

Se requiere formación por parte del clínico

La formación para utilizar un IOS y entender su funcionamiento es imprescindible (1).

Campo operatorio sin líquidos bucales

Cualquier líquido bucal presente, cuando se toma la impresión puede provocar un error de medición debido a la refracción óptica (1,10).

Además, el IOS puede tener problemas para detectar correctamente las líneas marginales profundas en los dientes preparados (1,3,10).

Coste del escaneo y gestión

Un IOS puede costar entre 15.000 y 35.000 euros. Esto representa una inversión real para el profesional. También se debe tener en cuenta son los costes de gestión adicionales relacionados con las actualizaciones del software de reconstrucción. Además, en el caso de los sistemas cerrados, por ejemplo, puede ser necesaria una cuota anual o mensual para abrir los archivos y hacerlos utilizables por cualquier software CAD o laboratorio (1,10).

4.8 Aspectos que influyen en el escaneado

Hemos podido ver que la precisión de los escáneres intraorales puede verse afectada por múltiples factores (11). Entonces, para mejorar y progresar en este campo, es necesario entender los factores que pueden influir en los resultados obtenidos mediante estos escáneres. Esto nos permitirá mejorar la fiabilidad y calidad de nuestros resultados y acercarnos cada vez más a la excelencia.

4.8.1 Influencia de la humedad en el escaneado

La humedad también es un factor que tiene la posibilidad de influir en la exploración intraoral. Sin embargo, se necesitan más estudios para determinar el impacto de la humedad en la precisión del escáner intraoral (11). Además, el uso del dique de goma permitiría acceder a varias ventajas espacialmente durante el escaneado como el buen control de la sangre, de la humedad y un buen control de la visión (27).

4.8.2 Influencia de la luz en el escaneado

El impacto de las condiciones de luz ambiental en la precisión del escaneado es significativo y está demostrado (11,16). De hecho, se ha observado que, en función del modelo de escáner elegido, las condiciones de iluminación recomendadas varían y pueden ser diferentes (11). En efecto, hay varias luces ambientales en el puesto de trabajo y lámparas de sillón dental que tienen varios niveles de intensidad, ofreciendo la posibilidad al clínico de aumentar o disminuir la intensidad de la luz. Todo eso, influye en las condiciones del escaneado. Se ha visto que la mayoría de los IOS funcionan mejor en condiciones de iluminación ambiental de 1.000 lux. Entonces, se aconseja una iluminación que se extiende entre 500 y 1.000 luxes en el caso de la sala de exploración. Y luego hasta 10.000 luxes para la zona quirúrgica. Para conseguir esta condición de iluminación ambiental tendremos que apagar la luz del sillón dental y dejar la luz del techo de la sala (16).

Y se aconseja colocar un luxómetro en la boca del paciente para medir la intensidad de la luz ambiental con la que se realizaría el escaneado digital intraoral. Se recomienda el uso de un luxómetro para estandarizar las condiciones de iluminación ambiental, para saber la intensidad de iluminación ambiental que tenemos en nuestra sala (11).

4.8.3 Influencia de la temperatura en el escaneado

En efecto, los cambios de temperatura pueden influir en la precisión del escaneado. Además, sabemos que los escáneres intraorales pueden estar sometidos a frecuentes cambios de temperatura en universidades, clínicas dentales, etc. Según Revilla-León y cols. (28) los cambios de temperatura ambiente que sea en menor o mayor medida disminuyen la exactitud del escaneado del IOS. Además, si el cambio de temperatura es más cálido, la precisión se verá más afectada que si el cambio de temperatura es más frío. Estos cambios de temperatura provocan una descalibración del aparato que reduce su precisión. Para evitar esos problemas, los IOS deberían calibrarse antes de empezar cada jornada laboral (11,28).

5. JUSTIFICACIÓN E HIPOTESIS

5.1 Justificación

El escáner intraoral se introdujo por primera vez en la década de 1980 y desde entonces, sólo ha mejorado. Fue un gran paso adelante en el mundo del flujo de trabajo digital en odontología (6,12). Además, hoy en día es importante avanzar con los tiempos. Los profesionales de la salud deben seguir aprendiendo.

El flujo digital permite nuevas formas de diagnosticar, optimizando tanto el tiempo como los resultados. Además, son una buena alternativa a las impresiones tradicionales sobre todo en pacientes con reflejos de vómito (12). Sin embargo, a pesar de su constante evolución en el mundo laboral, los profesionales sanitarios siguen estando poco informados sobre la forma más eficaz de utilizarlos.

El estudio de los métodos de toma de impresión digital para poder valorar cómo la humedad y la iluminación afecta al escaneado intraoral en términos de precisión y exactitud ayudaría a los dentistas a utilizar correctamente sus escáneres intraorales y a optimizar sus resultados (11).

A día de hoy, se encuentra una única revisión sistemática y metaanálisis en proceso de publicación sobre la influencia de las condiciones de luz ambiental en la precisión, la calidad de la malla y el tiempo de exploración de los escáneres intraorales. Para diferenciarnos, decidimos estudiar secundariamente la humedad además de la iluminación. En efecto, se encuentran pocos artículos concluyentes sobre este tema.

Entonces, resulta interesante estudiar si las diferentes condiciones de luz y de humedad influyen negativamente en la impresión y poder establecer cuáles son las condiciones idóneas para la toma de impresión con el fin de poder maximizar los resultados y trabajar en mejores condiciones, evitando perder tiempo y perder precisión y exactitud.

5.2 Hipótesis

La hipótesis de trabajo de nuestro estudio considera que, las condiciones de luz influyen a los resultados del escaneado durante la impresión digital en cuanto a la precisión y a la exactitud.

Por otro lado, suponemos que, las condiciones de humedad y saliva influyen a los resultados del escaneado durante la impresión digital en cuanto a la precisión y a la exactitud.

6. OBJETIVOS

Objetivo principal

1. Analizar la exactitud y la precisión del escaneado intraoral en diferentes condiciones de luz.

Objetivos secundarios

1. Analizar la exactitud y la precisión del escaneado intraoral en diferentes condiciones de humedad.

7. MATERIAL Y MÉTODO

Esta revisión sistemática se realizó de acuerdo con la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta- Analyses) (29).

7.1 Identificación de la pregunta PICO

Para llevar a cabo la búsqueda avanzada de los artículos en relación con esta revisión sistemática, se emplearon la base de datos Medline-PubMed (United States National Library of Medicine), Web of Science y Scopus. Los artículos indexados tratan de las condiciones de humedad y luz que pueden influir en la exactitud y precisión del escaneado dental durante la impresión digital, sobre una población en humanos y en casos de estudios in-vitro.

Esta búsqueda tenía que contestar a la siguiente pregunta: *¿En las impresiones digitales, las condiciones de humedad y de luz influyen en la exactitud y precisión del escaneado dental?*

Esta pregunta de estudio se basó en la pregunta estructurada PICO. El formato de las preguntas se estableció del siguiente modo:

- **P** (población): Estudios in-vitro
- **I** (intervención): Impresión digital
- **C** (comparación): Distintos escenarios de humedad e iluminación
- **O** (resultados):
 - O1: Exactitud y precisión a niveles más bajos, evaluados en micras

7.2 Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión fueron:

- **Tipo de estudio:** Ensayos clínicos aleatorizados controlados, serie de casos, estudios de cohortes prospectivos y retrospectivos, estudios sobre individuos humanos y estudios experimentales in-vitro. Estudios publicados en inglés, francés o español. Publicados hasta mayo 2023.
- **Tipo de paciente:** Estudios in-vitro e humanos.
- **Tipo de intervención:** Impresión digital.
- **Tipo de variables de resultados:** Estudios que analizan la exactitud y la precisión del scanner intraoral bajo distintos factores como la humedad y la luz.

Los criterios de exclusión fueron:

Se excluyeron a los estudios sobre animales, cartas al editor, informes de expertos, a propósito de un caso, estudios publicados antes de 2018, estudios de revisión bibliográfica, estudios de revisión sistemática, metaanálisis. Se excluyeron también a los estudios centrados en implantes o prótesis.

7.3 Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos

Se realizó una búsqueda bibliográfica en las tres bases de datos anteriormente mencionadas: PubMed, Scopus y Web of Science. Se utilizaron las siguientes palabras clave: “in vitro techniques”, “teeth”, “human experimentation”, “in vitro studies”, “in vitro”, “human”, “dental”, “intraoral scanner”, “IOS”, “digital impression” “digital scan”, “scanning time”, “digital records”, “digital measurement”, “light”, “ambient light conditions”, “ambient light”, “saliva”, “humidity”, “digital precision”, “digital accuracy”, “repeatability”, “deviation”, “precision”, “trueness”, “accuracy”, “influencing accuracy factors”, “dental”. A esas palabras claves, se asociaron los operadores booleanos AND, OR y NOT. Se asociaron también los términos controlados “MeSH Terms” para la base de datos Pubmed con el fin de obtener los mejores y más extensos resultados de búsqueda.

La búsqueda en **Pubmed** fue:

```
(((((((((in vitro[MeSH Terms]) OR (teeth[MeSH Terms])) OR (human experimentation[MeSH Terms])) OR (in vitro studies)) OR (dental in vitro studies)) OR (in vitro)) OR (human)) OR (dental)) AND (((((((((intraoral scanner) OR (ios)) OR (digital impression)) OR (digital scan)) OR (scanning time)) OR (digital records)) OR (digital measurement)) OR (digital workflow)) AND (((((light[MeSH Terms]) OR (humidity[MeSH Terms])) OR (saliva[MeSH Terms])) OR (ambient light condition)) OR (ambient light))) AND (((((((((data accuracy[MeSH Terms]) OR (digital precision)) OR (repeatability)) OR (deviation)) OR (precision)) OR (trueness)) OR (accuracy)) OR (influencing accuracy factors))) Filters: from 2018 - 2023
```

La búsqueda en **SCOPUS** fue:

```
ALL ( "in vitro techniques" OR "teeth" OR "human experimentation" OR in AND vitro AND studies OR in AND vitro OR human OR dental ) AND ALL ( intraoral AND scanner OR ios OR digital AND impression OR digital AND scan OR scanning AND time OR digital AND records OR digital AND measurement OR digital AND workflow ) AND ALL ( "light" OR "saliva" OR "humidity" OR ambient AND light AND conditio
```


n OR *ambient* AND *light*) AND ALL ("data accuracy" OR *digital* AND *precision* OR *repeatability* OR *deviation* OR *precision* OR *trueness* OR *accuracy* OR *influencing* AND *accuracy* AND *factors*) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2023) OR(LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018))

La búsqueda en **Web of Science** fue:

((TS=(("in vitro techniques" OR "teeth" OR "human experimentation" OR "in vitro studies" OR "in vitro" OR "human" OR "dental"))) AND TS=(("intraoral scanner" OR "IOS" OR "digital impression" OR "digital scan" OR "scanning time" OR "digital records" OR "digital measurement" OR "digital workflow"))) AND TS=(("light" OR "saliva" OR "humidity" OR "ambient light condition" OR "ambient light"))) AND TS=(("data accuracy" OR "digital precision" OR "repeatability" OR "deviation" OR "precision" OR "trueness" OR "accuracy" OR "influencing accuracy factors")) and 2023 or 2022 or 2021 or 2020 or 2019 or 2018 (Publication Years)

7.4 Proceso de selección de los estudios

Los datos fueron revisados por un único revisor (MM). Se realizó un proceso de selección en tres fases. En primer lugar, se filtró los artículos por los títulos eliminando a las publicaciones irrelevantes. En segundo lugar, se examinaron los resúmenes. Por fin, en tercer lugar, se hizo el cribado según la lectura entera de cada artículo con el fin de confirmar la elegibilidad de los estudios. Y se destacaron los artículos duplicados.

7.5 Extracción de datos

A partir de cada estudio, se extrajeron la siguiente información y se puse en tablas:

- Protocolos de cada estudio: Muestra, referencia, análisis/evaluación
- Autores y año de publicación

- Tipo de estudio: Estudios in-vitro
- Los escáneres intraorales empleados en cada estudio
- Número de escaneados digitales totales
- Condiciones de luz, de humedad y de temperatura

Variables principales

- **Precisión y exactitud del escaneado intraoral en condiciones de luz:**
La precisión y la exactitud del escaneado intraoral se va a comprobar durante la toma de impresión digital mediante varios escáneres intraorales. Se utilizará la unidad de medida en micras (μm). Para analizar y procesar los escaneados usan el software Geomagic Control. Las condiciones de luz utilizan la unidad lux. Se determinará el rango de luz lo más exacto y preciso posible durante la toma de impresión digital con los escáneres intraorales con el fin de determinar el rango lo más favorable para obtener los mejores resultados posibles.

Variables secundarias

- **Precisión y exactitud del escaneado intraoral en condiciones de saliva y humedad:** La precisión y la exactitud del escaneado intraoral se va a comprobar durante la toma de impresión digital mediante varios escáneres intraorales. Se utilizará la unidad de medida en micras (μm). Para analizar y procesar los escaneados usan el software Geomagic Control. Para las condiciones de saliva, se utilizará con o sin saliva. Y en cuanto a la humedad se medirá en porcentaje. El propósito es establecer el rango de saliva y humedad lo más exacto y preciso a la hora de tomar impresiones digitales mediante escáneres intraorales, con el fin de identificar el rango óptimo para obtener los mejores resultados posibles.

7.6 Valoración de la calidad

La evaluación de la calidad de los artículos en cuanto a la valoración del riesgo de sesgos fue hecha por un único revisor (MM).

Para analizar correctamente la calidad de los estudios In-vitro seleccionados, se utilizó la escala modificada de ARRIVE (Animal research: reporting in invivo experiments) y CONSORT (Consolidated reporting of trials) (Tabla 1). Se evaluaron en relación con la realización correcta y la estructura de título, resumen, introducción, métodos, resultados, discusión y conclusiones (30).

Tabla 1. Criterios empleados para determinar la calidad de los estudios in vitro seleccionados (modificados a partir de las directrices ARRIVE y CONSORT) (30).

Item	Descripción	Grado
1	Título	(0) Inexacto/no conciso (1) Conciso/adecuado
2	Resumen: resumen organizado de los antecedentes, los objetivos de la investigación, los métodos experimentales clave, los principales resultados y la conclusión del estudio, o autocontenido.	(1) Claramente inadecuado (2) Posiblemente exacto (3) Claramente exacto
3	Introducción: antecedentes, enfoque experimental y explicación de la justificación/hipótesis	(1) Insuficiente (2) Posiblemente suficiente/alguna información (3) Claramente cumple/suficiente
4	Introducción: objetivos primarios y secundarios de los experimentos (objetivos primarios/secundarios específicos)	(1) No se indica claramente (2) Claramente indicado

5	Métodos: diseño del estudio explicado número de grupos experimentales y de control, medidas para reducir el sesgo	(1) Claramente insuficiente (2) Posiblemente suficiente (3) Claramente suficiente
6	Métodos: detalles precisos del procedimiento experimental	(1) Claramente insuficiente (2) Posiblemente suficiente (3) Claramente suficiente
7	Métodos: Cómo se determinó el tamaño de la muestra y cálculo del tamaño de la muestra.	(1) No (2) Poco claro/no completo (3) Adecuado/claro
8	Métodos: Detalles de los métodos y análisis estadísticos	(1) No (2) Poco claro/no completo (3) Adecuado/claro
9	Resultados: explicación de los datos excluidos, resultados de cada análisis con una medida de precisión como desviación o error estándar o intervalo de confianza.	(1) No (2) Poco claro/no completo (3) Adecuado/claro
10	Discusión: interpretación/implicación científica, limitaciones y generalización/traducción	(0) Claramente inadecuada (1) Posiblemente correcto (2) Claramente correcta
11	Declaración de posibles conflictos y divulgación de la financiación	(0) No (1) Sí
12	Publicación en una revista arbitrada	(0) No (1) Sí

7.7 Síntesis de datos

Con el objetivo de resumir y comparar las distintas variables de resultado entre los diversos estudios, se agruparon los valores obtenidos en tablas según las variables y los escáneres intraorales empleados. A continuación, se compararon los valores para establecer los mejores resultados obtenidos en cada estudio.

8.RESULTADOS

8.1 Selección de estudios. Flow chart

Se obtuvieron un total de 328 artículos a partir de la búsqueda electrónica inicial: Medline – PubMed (n=141), SCOPUS (n=93) y Web of Science (n=93). Además, se añadió 1 artículo más por búsqueda manual. Se seleccionaron 296 publicaciones elegibles para la evaluación del título y del resumen. Luego, 27 publicaciones se eligieron para la evaluación del texto completo. Ocho artículos cumplieron los criterios de inclusión y entonces, fueron elegibles para incluir la presente revisión sistemática (Fig 1). En la tabla 2, podremos encontrar la información relativa a los motivos de exclusión de los 19 artículos excluidos.

Fig 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.

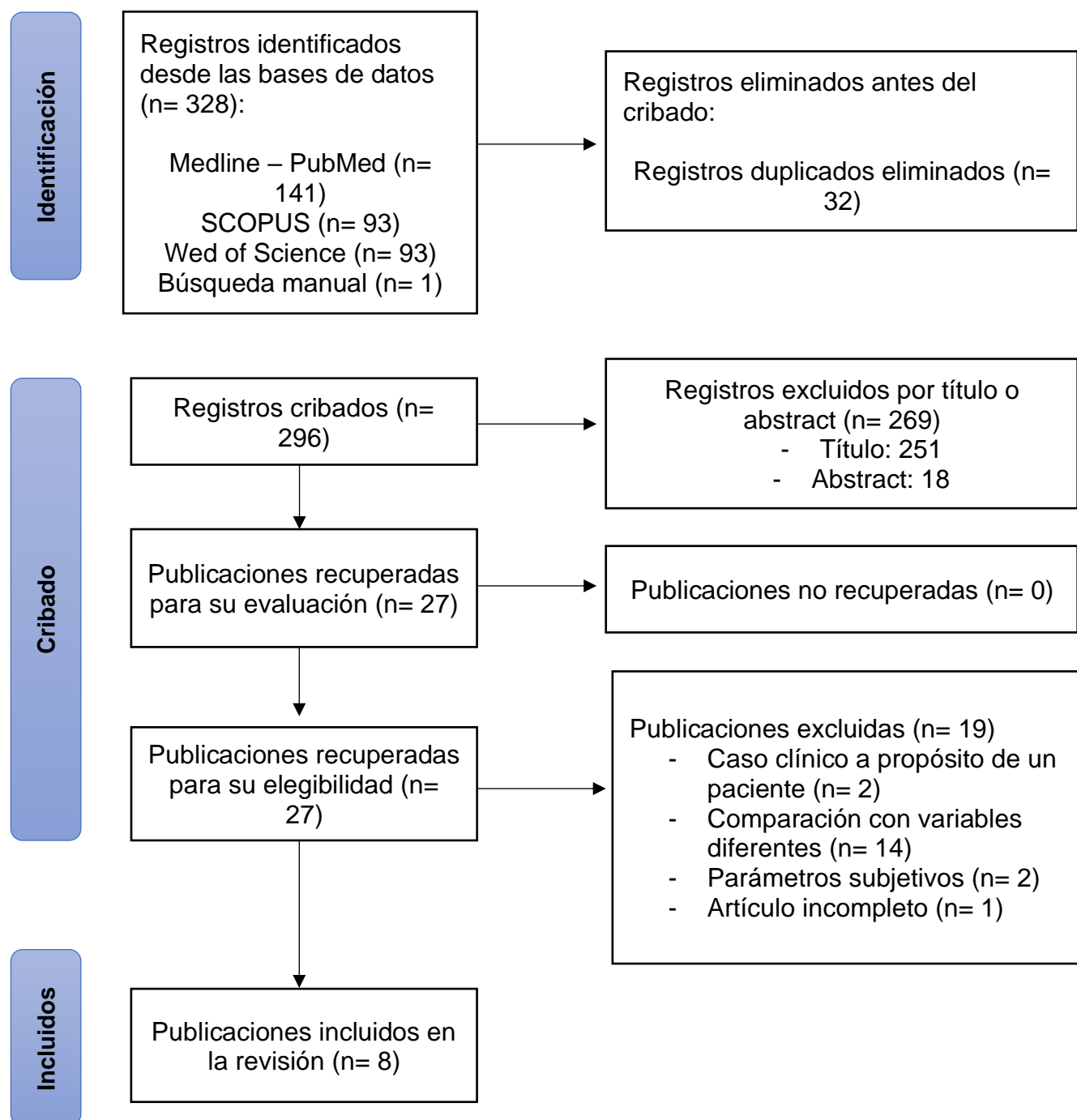


Tabla 2. Artículos excluidos de la revisión sistemática

Autor.Año	Publicación	Motivo de exclusión
Clavijo V. 2021 (31)	Quintessence International	Caso clínico a propósito de un paciente
Henarejos-Domingo V. 2021 (27)	Journal of Esthetic and Restorative Dentistry	Caso clínico a propósito de un paciente
Czigola A. 2021 (32)	Journal of Esthetic and Restorative Dentistry	Comparación con variables diferentes
Rashid F. 2022 (33)	PLoS ONE	Parametros subjetivos
Song J. 2020 (34)	Biomed Research International	Comparación con variables diferentes
Rutkūnas V. 2020 (35)	Journal of Prosthetic Dentistry	Comparación con variables diferentes
Liberato W. 2019 (36)	Journal of Prosthetic Dentistry	Comparación con variables diferentes
Sirintawat N. 2021 (37)	Sensors	Comparación con variables diferentes
Ebeid K. 2022 (38)	Journal of Esthetic and Restorative Dentistry	Comparación con variables diferentes
Pattamavilai S. 2022 (39)	Journal of Prosthetic Dentistry	Comparación con variables diferentes
Peroz S. 2022 (40)	Journal of Prosthetic Dentistry	Comparación con variables diferentes
Revilla-León M. 2021 (41)	Journal of Esthetic and Restorative Dentistry	Comparación con variables diferentes
Martinez-Rodriguez C. 2020 (42)	Journal of Personalized Medicine	Comparación con variables diferentes
Camci H. 2020 (42)	American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics	Artículo incompleto
Revilla-León M. 2022 (28)	Journal of Prosthetic Dentistry	Parametros subjetivos

Arakida T. 2018 (43)	Journal of Prosthodontic Research	Comparación con variables diferentes
Wesemann C. 2020 (44)	Journal of Prosthetic Dentistry	Comparación con variables diferentes
Revilla-León M. 2019 (45)	Journal of Prosthetic Dentistry	Comparación con variables diferentes
Button H. 2023 (46)	Journal of Prosthetic Dentistry	Comparación con variables diferentes

8.2 Análisis de las características de los estudios revisados

En la presente revisión sistemática, los ocho artículos seleccionados fueron todos estudios in-vitro (16,47–53) Se utilizaron principalmente los escáneres intraorales siguientes: TRIOS 3shape (49,51–53), CEREC Omnicam, iTero Element, CS 3600, Planmeca y Primescan. Además, las condiciones de luz se encontraban entre 0 lux y 11.000 lux, y para las condiciones de humedad/saliva, se encontraban con o sin saliva artificial o en condiciones diferentes de humedad relativa (tabla 4).

Se trataron un total de 1850 escaneados digitales. Se estudiaron cinco artículos (47,49,51,52,54) con el fin de estudiar la precisión y la exactitud en función de las condiciones de luz y tres artículos (48,50,53) con el fin de estudiar la precisión y la exactitud en función de las condiciones de humedad y saliva.

Cada estudio incluido en la presente revisión sistemática se compuso de un protocolo único (Tabla 3). Seis artículos (47–49,51,53,54) utilizaron como muestra un maniquí simulador dental, con un tipodont mandibular para realizar el digital de referencia. Koseoglu y cols (52) realizaron impresiones sobre 20 voluntarios humanos y utilizaron modelos de escayola como referencia. Y Rapone y cols (50) realizaron el estudio a partir de 4 dientes humanos extraídos. Cada estudio tenía como referencia un modelo tipodont mandibular (45,47–49,51,53,54) a parte de dos estudios que utilizaron o un modelo de escayolas (52) o cuatro dientes humanos privadas de encía artificial (50). Los modelos de referencias fueron escaneados por un escáner de laboratorio. En cuanto al análisis de los datos obtenidos en cada estudio, principalmente se utilizó el

software Meshlab y MATLAB (45,47,49,51) o Geomagic (50,52,54). Además, también se utilizó generalmente ANOVA (48,50–53) y Kruskal-Wallis (47,49,51) para las pruebas estadísticas.

Tabla 3. Protocolos de los artículos estudiando las condiciones de luz y de humedad

Autor.año	Muestra	Referencia	Análisis / Evaluación
<p>Revilla-León y cols. 2019 (51)</p>	<p>Maniquí simulador dental</p> <p>Tipodont mandibular</p> <p>Apertura incisal = 50mm</p>	<p>Modelo tipodont</p> <p>Escáner de laboratorio de luz estructurada (L2 Scanner; Imetric)</p> <p>El archivo STL de control se utilizó como modelo digital de referencia para comparar la distorsión</p>	<p>Medidor de luz (Digital Light Meter LX1330B; Dr.Meter)</p> <p>Análisis estadístico de los modelos escaneados: Software MeshLab y MATLAB</p> <p>Programa de software estadístico: IBM SPSS Statistics</p> <p>Pruebas estáticas: ANOVA de 1 vía de Kruskal-Wallis</p>
<p>Jivanescu y cols. 2021 (54)</p>	<p>Maniquí simulador dental</p> <p>Tipodont mandibular</p> <p>En el 46 se realizó una preparación de corona completa con chaflán profundo.</p>	<p>Modelo tipodont</p> <p>Escáner extraoral de alta resolución (escáner 3D D700, 3Shape).</p> <p>El archivo STL de control se utilizó como modelo digital de referencia</p>	<p>Luxómetro digital (GM1010; Benetech)</p> <p>Evaluación de los datos con un software de inspección y metrología: Geomagic Control X</p>
<p>Koseoglu y cols. 2021 (52)</p>	<p>Impresiones sobre 20 voluntarios, obteniendo modelos de trabajos de escayola</p>	<p>Modelos de escayola</p> <p>Escáner de laboratorio</p>	<p>Evaluación de los datos con el software de inspección 3D: versión 2018.0.0; Geomagic control X</p>

		Se adquirieron archivos de lenguaje de teselado estándar (STL)	Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA de una vía y pruebas de Tukey ($\alpha = 0,05$)
Revilla-León y cols. 2021 (49)	Maniquí simulador dental Tipodont mandibular Apertura incisal = 50mm	Modelo tipodont Escáner de laboratorio de luz estructurada (L2 Scanner; Imetric) El archivo STL de control se utilizó como modelo digital de referencia para comparar la discrepancia	Análisis estadístico de los modelos escaneados: Software MeshLab y MATLAB Para analizar los datos se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y la comparación por pares.
Piedra-Cascón y cols. 2023 (47)	Maniquí simulador dental Tipodont mandibular Apertura incisal = 50mm	Modelo tipodont Escáner de laboratorio de luz estructurada sin polvo de escaneado (L2; Imetric) El archivo STL de control se utilizó como modelo digital de referencia	Medidor de luz (LX1330B Light Meter) Análisis estadístico de los modelos escaneados: Software MeshLab y MATLAB Programa de software estadístico: IBM SPSS Statistics

			Para analizar los datos se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y la comparación por pares
Rapone y cols. 2020 (50)	4 dientes humanos: 2 molares mandibulares, 2 premolares (1 mandibular y 1 maxilar) Realizaron encía y surco gingival artificial En una caja de plexiglás	Muestra privada de la encía artificial Escáner S600ARTI óptico de luz estructurada totalmente automático	Los modelos de referencias y archivos STL se importaron a un software de ingeniería inversa: Geomagic Studio 2015 Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA de una vía
Chen y cols. 2022 (48)	Tipodont mandibular Utilizaron una plataforma de escaneado para simular el estado del líquido en la superficie del diente	Modelo tipodont Aparato de tomografía computerizada industrial de alta precisión: Zeiss Metrotom 800	Luxómetro digital HP-881D Análisis realizados con el paquete estadístico Statistical Package for Social Science 25 ^a Análisis de los datos con un software específico: Geomagic Control 2015 Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA de 3 vías y prueba de Tukey.

<p>Agustín-Panadero y cols. 2023 (53)</p>	<p>Tipodont mandibular</p> <p>Se utilizo una caja estanca metálica a medida</p>	<p>Modelo tipodont</p> <p>Escáner de sobremesa (3Shape E3; 3Shape A/S)</p> <p>Las distancias entre los centros de las esferas son las referencias</p>	<p>Termómetro-higrómetro (NUN4126GL; Xiaomi)</p> <p>Luxómetro (LX1330B Light Meter; Dr. Meter Digital)</p> <p>Para analizar los datos de exactitud y precisión se utilizó ANOVA y pruebas de Levene seguidas de la prueba post hoc de Bonferroni.</p> <p>Para el cálculo de las distancias entre bolas se usó el software Geomagic (3D Systems)</p>
---	---	---	---

Tabla 4. Características generales de los artículos estudiados.

Autor / año	Tipo de estudio	Escáneres intraorales	Grupos de estudio	Nº de escaneados digitales totales	Condiciones de luz	Condiciones de humedad / saliva	Condiciones de temperatura
Revilla-León y cols. 2019 (51)	In-vitro	iTero Element (IOS-1) CEREC Omnicam (IOS-2) TRIOS 3D (IOS-3)	Luz del sillón (10.000 lux = CL), sillón dental y sin ventanas. Luz ambiental (1003 lux = RL) se apagó la luz de la silla y sólo se utilizó la luz del techo, sin ventanas ni luz natural. Luz natural (500 lux = NL), se utilizó una habitación con luz natural Luz cero (0 lux = ZL)	N = 120	10.000 lux 1003 lux 500 lux 0 lux	/	Temperatura de color = 4100k
Jivanescu y cols. 2021 (54)	In-vitro	Planscan, Planmeca	El escáner intraoral por cada condición de lux (6 grupos)	N = 30	11.000 lux 10.000 lux 3800 lux 3300 lux 1000 lux 400 lux	/	/

Koseoglu y cols. 2021 (52)	In-vitro	TRIOS 3Shape	RLW: la luz del techo (1003 lux) + modo blanco RLB: La luz del techo + modo azul. ZLW: No había luz (0 lux) + modo blanco. ZLB: No había luz + modo azul	N = 80	1003 lux 0 lux	/	23°C
Revilla-León y cols. 2021 (49)	In-vitro	TRIOS 3Shape	El escáner intraoral por cada condición de luz (10 grupos)	N = 1000	Entre 1000 lux y 10.000 lux	/	23°C Temperatura de color = 4100k
Piedra-Cascón y cols. 2023 (47)	In-vitro	Primescan		N= 120	Entre 0 lux y 10.000 lux	/	Temperatura de color = 4100k
Rapone y cols. 2020 (50)	In-vitro	CS 3600 TRIOS 3shape CEREC Omnicam	4 muestras: 2 molares inferiores y 1 premolar inferior y 1 premolar superior en cada condición de humedad	N = 240	/	90% Con / sin saliva	37°C
Chen y cols. 2022	In-vitro	TRIOS 3shape	12 grupos de modelos 3D divididos en	N = 120	500 ± 20 lux	55 ± 5%	25 ± 2°C

(48)		Primescan	función de diferentes escáneres intraorales y líquidos utilizados en cada condición			Agua ultrapura / Saliva artificial Condición seca Condición de secado con secador	
Agustín-Panadero y cols. 2023 (53)	In-vitro	TRIOS 3shape	4 grupos en función de la humedad relativa: 50%, 70%, 80% y 90%	N= 120	1000 lux	50%, 70%, 80% y 90%	36°C

8.3 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

Los estudios in-vitro incluidos en esta revisión (47–54) fueron evaluados según la escala modificada de ARRIVE y CONSORT (30) (Tabla 5).

Tabla 5. Representación del riesgo de sesgo

Autor/Año	Título	Resumen	Introducción	Introducción	Métodos	Métodos	Métodos	Métodos	Resultados	Discusión	Declaración de conflictos potenciales y divulgación de financiamiento	Publicación en una revista revisada por pares	Riesgo de sesgo
Revilla-León y cols. 2019 (51)	1	3	2	1	3	3	3	3	3	1	0	0	=23
Jivanescu y cols. 2021 (54)	1	2	3	2	3	2	2	3	3	1	0	0	=22
Koseoglu y cols. 2021 (52)	1	3	3	2	2	3	3	2	2	2	1	0	=24
Revilla-León y cols. 2021 (49)	1	3	3	2	2	3	3	3	3	2	1	1	=27
Piedra-Cascón y cols. 2023 (47)	1	2	3	2	3	3	3	3	3	2	1	1	= 27
Rapone y cols. 2020 (50)	1	3	3	1	3	3	3	3	3	2	1	0	= 26

Chen y cols. 2022 (48)	1	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	0	=27
Agustín- Panadero y cols. 2023 (53)	1	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	0	=27

8.4 Síntesis de resultados

Los estudios in-vitro han centrado sus evaluaciones en la comparación de la precisión de diferentes escáneres intraorales que informan sobre datos de desviación o sobre la discrepancia, obtenidas en función de diferentes condiciones de luz y humedad.

8.4.1 Exactitud y precisión en condiciones de luz

En relación con la exactitud y la precisión de diferentes escáneres intraorales, cinco estudios proporcionaron datos en función de varias condiciones de luz (47,49,51,52,54).

Considerando las medias y la desviación estándar de la exactitud y precisión de cada estudio, se encontró que el rendimiento fue mejor en las condiciones de 1000 lux y 1003 lux (47,49,51,52), aparte del estudio de Jivanescu y Cols (54), que establecieron que 3300 lux presentaba el mejor nivel de exactitud con respecto a los datos de referencia, siendo la desviación la más baja de todos los grupos. En cuanto a la precisión, los mejores valores de precisión se obtuvieron en las condiciones de 3300 lux con un valor de 16,62 μm , seguido de cerca con valores casi similares por 3800 lux y 1000 lux (54).

Para el escáner iTero Element, se encontró los mejores niveles de precisión con una media de 191,85 μm y exactitud con una media de 71,97 μm en condiciones de 1003 lux. En cuanto al escáner Cerec Omnicam, se encontró los mejores niveles de precisión con una media de 279,79 μm y exactitud con una media de 247,06 μm en condiciones de 0 lux (51). Para el escáner Trios 3,

los mejores resultados fueron en condiciones que oscilaba entre 1000 lux y 1003 lux, donde se encontró una precisión de 203,86 μm (51), 40,04 μm (49) y una exactitud de 94,31 μm (51), de 2,33 μm (52) y de 26,33 μm (49). El escáner Primescan, tuvo sus mejores resultados en condiciones de 1000 lux con una media de 97,4 μm para la precisión y una media de 69,5 μm para la exactitud (47). En cuanto al escáner Planmeca, se obtuve los mejores resultados en condiciones de 3300 lux con una media de 16,62 μm sobre la precisión y en condiciones de 10.000 lux con una media de 35,2 μm en relación con la exactitud. Entonces, los resultados más pequeños obtenidos fueron los de mayor precisión o exactitud de las exploraciones intraorales.

Los resultados descriptivos de la exactitud y precisión en diferentes condiciones de luz se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados descriptivos de la exactitud y precisión en diferentes condiciones de luz analizados por los estudios.

Autor.año	Condiciones de luz	iTero Element		CEREC Omnicam		TRIOS 3		Planmeca		Primescan	
		Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud
Revilla-León y cols. 2019 (51)	10.000 lux	196,16	74,51	438,01	393,10	208,19	130,99	/	/	/	/
	1003 lux	191,85	71,97	384,74	315,93	203,86	94,31	/	/	/	/
	500 lux	321,65	78,50	475,60	370,42	207,70	139,26	/	/	/	/
	0 lux	352,66	88,60	279,79	247,06	216,72	92,22	/	/	/	/
Koseoglu y cols. 2021 (52)	1003 lux + modo blanco	/	/	/	/	/	77,34	/	/	/	/
	1003 lux + modo azul	/	/	/	/	/	72,33	/	/	/	/
	0 lux + modo blanco	/	/	/	/	/	88,49	/	/	/	/
	0 lux + modo blanco	/	/	/	/	/	82,73	/	/	/	/
Revilla-León y	10.000 lux	/	/	/	/	73,51	39,55	/	/	/	/
	9000 lux	/	/	/	/	68,28	32,17	/	/	/	/

cols. 2021 (49)	8000 lux	/	/	/	/	77,37	37,76	/	/	/	/
	7000 lux	/	/	/	/	72,42	34,79	/	/	/	/
	6000 lux	/	/	/	/	83,50	38,67	/	/	/	/
	5000 lux	/	/	/	/	99,94	46,38	/	/	/	/
	4000 lux	/	/	/	/	72,09	39,40	/	/	/	/
	3000 lux	/	/	/	/	73,96	36,48	/	/	/	/
	2000 lux	/	/	/	/	63,06	35,22	/	/	/	/
	1000 lux	/	/	/	/	40,04	26,33	/	/	/	/
Jivanesc u y cols. 2021 (54)	11.000 lux	/	/	/	/	/	/	21,60	28,4	/	/
	10.000 lux	/	/	/	/	/	/	17,68	35,2	/	/
	3800 lux	/	/	/	/	/	/	17,04	33,6	/	/
	3300 lux	/	/	/	/	/	/	16,62	33	/	/
	1000 lux	/	/	/	/	/	/	17,14	37,6	/	/
	400 lux	/	/	/	/	/	/	20,39	35,7	/	/
Piedra- Cascón W y cols. 2023 (47)	10.000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	337,6	197,5
	9000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	338,1	195,5
	8000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	318,1	166,5
	7000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	330,7	195,7
	6000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	463,9	304,5
	5000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	466,9	308,8
4000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	473,3	309	

	3000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	452	293,3
	2000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	468,8	315,1
	1000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	97,4	69,5
	500 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	482,5	322,6
	0 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	488	335,5

8.4.2 Exactitud y precisión en condiciones de humedad

En relación con la exactitud y la precisión de diferentes escáneres intraorales, tres estudios proporcionaron datos en función de varias condiciones de humedad/saliva (48,50,53).

Los resultados obtenidos en los estudios analizados revelaron que la exactitud y la precisión se ven menos afectadas cuando no hay condiciones de humedad y saliva, es decir, en un lugar seco o con el menos porcentaje de humedad posible.

El escáner TRIOS 3 mostró sus mejores valores de exactitud en condiciones secas con una media de 55,920 μm (50) y 108,78 μm (48). En cuanto a la precisión, también conseguí sus mejores resultados en condiciones secas con una media de 14,1916 μm (50) y 76,82 μm (48). Y obtuvo una media de 41,4 μm (53) para la exactitud y una media de 37,9 μm para la precisión en condiciones de 50% de humedad relativa, es decir en la condición de humedad la más baja, medida en el estudio de Agustín-Panadero y cols. Y el segundo mejor resultado obtenido fue con la condición de 70% de humedad relativa con una media de 46,7 μm para la exactitud y 40,7 μm para la precisión (53).

Para el escáner CS 3600, se obtuve un mejor valor de exactitud sin condiciones de saliva, con una media de 46,580 μm (50). Y en cuanto al escáner Cerec Omnicam, mostró una precisión global inferior tanto en ausencia como en presencia de saliva, pero obtuve su mejor valor de exactitud sin condiciones de saliva, con una media de 63,065 μm (50). Por último, el escáner Primescan, obtuvo los mejores resultados en condición seca con una media de 41,83 μm para la precisión y una media de 19,93 μm para la exactitud (48).

Tabla 7. Resultados descriptivos de la exactitud y precisión en condiciones de humedad / saliva analizados por los estudios.

Condiciones de humedad	TRIOS 3		CEREC Omnicam		CS 3600		Primescan		
	Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud	
Rapone y cols. 2020 (50)	Muestra 1 CON saliva artificial	719.233	287.580	294.311	421.915	719.233	231.03	/	/
	Muestra 2 CON saliva artificial	1.129.371	279.165	274.635	378.145	334.691	179.165	/	/
	Muestra 3 CON saliva artificial	50.7625	256.485	23.8861	431.970	28.5659	167.615	/	/
	Muestra 4 CON saliva artificial	50.7625	371.225	23.8861	505.045	28.5659	329.205	/	/
	Muestra 1 sin saliva	21.6337	66.910	18.094	98.825	13.9797	52.510	/	/
	Muestra 2 sin saliva	14.1916	72.995	20.3839	97.800	17.4147	61.855	/	/
	Muestra 3 sin saliva	16.663	75.555	15.7074	63.065	12.7563	46.580	/	/
	Muestra 4 sin saliva	16.6755	55.920	16.6857	89.295	14.1098	53.635	/	/
Chen y cols. 2022 (48)	Agua ultrapura	88.13	152.04	/	/	/	/	74.13	139.75
	Agua ultrapura seca	78.37	109.79	/	/	/	/	41.83	106.06
	Agua ultrapura secado con secador	79.36	124.27	/	/	/	/	57.52	19.93
	Saliva artificial	85.06	166.94	/	/	/	/	78.96	145.01
	Saliva artificial seca	77.70	108.78	/	/	/	/	42.64	103.37
	Saliva artificial secado con secador	76.82	127.98	/	/	/	/	62.68	124.80

Agustín-Panadero y cols 2023 (53)	50% de humedad relativa	37,9	41,4	/	/	/	/	/	/
	70% de humedad relativa	40,7	46,7	/	/	/	/	/	/
	80% de humedad relativa	72,0	74,4	/	/	/	/	/	/
	90% de humedad relativa	88,9	84,3	/	/	/	/	/	/

9. DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática proporciona información basada en la evidencia científica sobre los resultados obtenidos en cuanto a la exactitud y precisión analizadas en diferentes condiciones de luz y humedad durante el escaneado dental. El objetivo de esta revisión fue analizar la exactitud y la precisión del escaneado intraoral en condiciones de luz y de forma secundaria estudiar la exactitud y la precisión del escaneado intraoral en condiciones de humedad.

9.1. Exactitud y precisión en condiciones de luz

El escaneado intraoral se utiliza en odontología desde hace muchos años y la tecnología sigue evolucionando con el tiempo. Aunque no es un tema nuevo, se trata de un campo en constante desarrollo y mejora. Sin embargo, el estudio de los escáneres intraorales no es nuevo, y la investigación sobre las condiciones de luz que afectan a la exactitud y la precisión es relativamente reciente, ya que aún no se publicó ninguna revisión sistemática sobre este tema (51).

Los resultados de esta revisión sistemática, que, en esta parte se basan en cinco estudios científicos (47,49,51,52,54), indican que la mayoría de los expertos están de acuerdo en que las condiciones de iluminación tienen un efecto significativo en la precisión y exactitud de los escáneres intraorales. A excepción del estudio de Jivanescu y cols. (54), que concluyó que el impacto en la exactitud era escaso. Sin embargo, encontraron diferencias significativas en la precisión. Además, los diferentes resultados obtenidos indican que la condición óptima de luminosidad para la mayoría de los escáneres intraorales estudiados, en términos de exactitud y precisión, se sitúa entre 1000 y 1003 lux, es decir la luz ambiental (47,49,51,52). No obstante, Jivanescu y cols. (54) concluyeron que, para el escáner Planmeca, la condición de luz ideal era de 3300 lux. Por otra parte, tres de los estudios incluidos en nuestra revisión sistemática concluyeron que las condiciones de iluminación de 0 lux se consideraba la peor opción de iluminación para realizar una impresión con cualquier escáner (47,51,52). A pesar de eso, se descubrió que el escáner Cerec Omnicam sólo logra resultados óptimos en condiciones de luz cero, es decir, una sala sin luz ni

ventanas. Se trata del único escáner para el que se ha identificado este requisito (51).

La precisión de la calidad de malla de los escáneres intraorales puede influir en los resultados, ya que no todos los escáneres tienen las mismas condiciones de uso y precisión. De hecho, Revilla-León y cols. (45) concluyeron que la calidad de la imagen es un factor para tener en cuenta a la hora de utilizar distintos escáneres con técnicas de escaneado fotográfico, cuyos valores medios fueron superiores a los de la tecnología de escaneado de vídeo probada. A esto hay que añadir los cambios en las condiciones de iluminación, que también han demostrado tener un impacto significativo en la calidad de la imagen. En línea con los otros estudios citados anteriormente, TRIOS mostró la mayor consistencia en términos de calidad media de la malla, lo que indica un mejor sistema fotográfico que iTero Element. La mayoría de los resultados de este estudio (45) coinciden con los nuestros, excepto en el caso de TRIOS, que obtuvo los mejores valores con una iluminación de 10.000 lux.

Por otra parte, los escáneres iTero y TRIOS disponen de imágenes confocales. Y Cerec Omnicam está equipado con una técnica de triangulación. Los autores (51) afirman que dependiendo de la técnica de imagen y escaneado utilizada por el escáner intraoral, en este caso la imagen confocal, existen diferencias en la precisión y exactitud. Estas diferencias en las técnicas de obtención de imágenes pueden explicar las diferencias observadas en los artículos incluidos en nuestra revisión sistemática.

A pesar de la coherencia de los artículos estudiados sobre el hecho de que la mejor opción de iluminación se sitúa entre 1000 y 1003 lux, el resto de los valores relativos a la mejor iluminación siguen siendo imprecisos. Arakida y cols. (55) que estudiaron condiciones de 0, 500 y 2500 lux, con el escáner True Definition, encontraron que la mejor iluminación sería la de 500 lux. Es importante tener en cuenta que los resultados de este estudio no son directamente comparables con nuestro estudio sistemático, y además realizaron las impresiones sobre cuatro unidades. Sin embargo, sí, concluyen que las condiciones de iluminación tienen una influencia significativa en la precisión y la exactitud.

El estudio de Wesemann y cols. (56) coincide con los resultados citados anteriormente. De hecho, afirman que la luz ambiental afectó a la precisión y

exactitud de los escáneres utilizados en el estudio. Los resultados obtenidos en el estudio de Wesemann y cols. (56) coinciden también con los del artículo de Revilla-León y cols. (51) en lo que respecta a los escáneres TRIOS y Cerec Omnicam. Los mejores resultados obtenidos para Cerec Omnicam fueron a 0 lux (51) y 100 lux (56), mientras que TRIOS obtuvo en general buenos resultados a 500, 1003 y 10.000 lux con sus mejores resultados a 1003 lux (51) y sólo se vio ligeramente afectado en el estudio de Wesemann y cols. (56). Por otro lado, iTero obtiene sus peores resultados a 500 lux, lo que coincide con los resultados obtenidos en el estudio de Revilla-León y cols. (51). Además, los autores también sugieren que la luz ambiental puede haber afectado de forma diferente a los escáneres debido a sus diferentes tecnologías de proyección láser, lo que concorde con el estudio de Revilla-León y cols. (51)

El objetivo del estudio de Martínez-Rodríguez y cols. (57) era medir la influencia de diferentes condiciones clínicas, tanto extraorales, es decir, el tipo de material y la exposición a la luz de escaneado, como intraorales con el grado de apiñamiento y la extensión de la inclinación molar, en la eficacia y eficiencia del escaneado intraoral. Este estudio coincide con los otros anteriores en que la precisión y la exactitud se ven afectadas por la luz ambiental, lo que genera más errores en la toma de impresiones digitales (47,51,52,55,56). En este artículo se estudiaron tres condiciones diferentes: 0, 1800 y 3600 lux con el escáner TRIOS. Descubrieron que la iluminación más adecuada era la de 1800 lux. Esto es comparable con los resultados obtenidos en nuestro estudio.

Otro estudio que respalda nuestros resultados, realizado por Ochoa-López y cols. (58), dijeron también que la precisión y exactitud del escaneado intraoral podían verse influidas por la iluminación ambiental. El objetivo de este estudio era evaluar los efectos de la luz ambiental en la precisión y exactitud de diferentes escáneres intraorales en una arcada con implantes.

En definitiva, observamos que los principales valores obtenidos al comparar nuestros resultados son del orden de 1000 lux, dependiendo de las condiciones utilizadas. Además, en función del tipo de escáner utilizado, observamos las posibles diferencias que pueden existir en función de la marca utilizada. Los resultados de este estudio comparados con otros artículos son controvertidos. Recomendamos seguir las instrucciones del fabricante.

Estos resultados pueden atribuirse al hecho de que se utilizan diferentes marcas de escáneres intraorales y que el TRIOS es el único escáner que se estudia en cinco estudios diferentes (48–52). Como lo señala Piedra-Cascón y cols. (47), el nivel de experiencia del operador que realiza las impresiones puede tener un impacto significativo en la precisión y exactitud del escáner intraoral utilizado.

Es importante destacar que muy pocos estudios in vivo son relevantes y realizados. Sería interesante llevar a cabo más estudios teniendo en cuenta los factores de iluminación en condiciones reales.

9.2 Exactitud y precisión en condiciones de humedad y saliva

Es interesante investigar cómo la humedad y las condiciones salivales durante la toma de impresiones con un escáner intraoral pueden influir en la heterogeneidad de los resultados obtenidos.

En investigaciones anteriores sobre la precisión y exactitud de los escáneres intraorales, se indicó que la saliva, la sangre, el líquido crevicular gingival y alta humedad en boca podrían afectar a la precisión de los resultados del escaneado (48). Debido a que las superficies húmedas reflejan la luz producida por los escáneres intraorales, los registros de las superficies en presencia de saliva o sangre pueden ser más complejos y menos precisos. Hoy en día, los escáneres empleados ya no necesitan empolvado, pero los estudios que han evaluado la influencia de la humedad intraoral en la precisión de las exploraciones digitales intraorales son poco numerosos (59). Con el fin de disminuir los errores de escaneado, algunos autores recomiendan utilizar aire comprimido para el secado antes de tomar la impresión con el escáner intraoral (48).

Los resultados de esta revisión sistemática, basadas en tres artículos científicos (48,50,53), revelaron que las condiciones de humedad y saliva afectan en gran medida a los resultados obtenidos al tomar impresiones digitales. En efecto, en el estudio de Chen y cols. (48) se compararon a la vez dos líquidos diferentes entre sí, la saliva artificial y agua ultrapura con el fin de evaluar la humedad intraoral en tres condiciones (seco, húmedo y secado por soplado). Y

se concluyó que el grupo seco obtuvo los mejores resultados frente a los otros grupos. Los resultados obtenidos anteriormente concuerdan con los resultados de Rapone y cols. (50) que han estudiado 4 muestras en presencia o no de saliva y con una humedad del 90%. Por último, el estudio de Agustín-Panadero y cols. (53), demostró que una humedad relativa elevada reduce la precisión y la exactitud del escaneado. En efecto, en los resultados se vio que niveles de humedad del 50-70% producirán impresiones digitales más precisas, mientras que niveles de humedad del 80-90% reducirán la calidad y precisión.

Comparar nuestros resultados con otros estudios científicos fue un reto, dada la escasez de artículos escritos sobre el tema (59). Se vio en investigaciones anteriores el intento de reproducir las condiciones de humedad intraoral utilizando simuladores intraorales (60) o humedeciendo directamente la superficie del modelo dental con agua o saliva artificial (34,48).

Camci y cols. (42) estudiaron dos condiciones de humedad, con y sin aislamiento de saliva combinadas con diferentes condiciones de luz. Los resultados de este estudio confirman nuestras conclusiones, ya que los autores dedujeron que los factores ambientales influyen en la precisión de la exploración intraoral, en particular con el escáner TRIOS, a la hora de tomar impresiones digitales. Se observaron pobres resultados en condiciones de humedad. Para apoyar a los resultados precedentes, los autores An H y cols. (61) mostraron que la presencia de saliva en una línea de terminación en este caso también puede causar un error significativo cuando se utiliza el escaneado intraoral.

Así lo confirma el estudio realizado por Gómez-Polo y cols. (62), que estudió cómo la humedad podía afectar a la precisión y exactitud del escaneado intraoral en una arcada completamente edéntula con implantes. Los resultados obtenidos fueron que la presencia de saliva empeoraba claramente la precisión y la exactitud durante la impresión digital. Sin embargo, un artículo confronta los resultados anteriores. Park y cols. (60), estudiaron la efectividad del escáner intraoral en condiciones húmedas con una simulación de implantes. No observaron diferencias significativas en la reproducibilidad de las escenas cuando se exponen a una exposición a factores ambientales. Indicaron que los escáneres TRIOS y CS 3500 se podían clasificar como escáneres intraorales no son sensibles a las diferentes condiciones ambientales.

Estos resultados pueden atribuirse a múltiples factores y deben tratarse con precaución. Es importante señalar que los protocolos utilizados en los estudios no son necesariamente iguales entre sí, lo que puede influir en los resultados obtenidos. Asimismo, Park y cols. (60), utilizaron un simulador intraoral especializado para escanear los implantes. Lo que puede provocar diferencias en los resultados obtenidos. De igual manera, las condiciones de humedad pueden influir considerablemente en la precisión y exactitud de las impresiones tomadas con un escáner intraoral, por diversas razones, como la refracción de la luz en el agua, en este caso la saliva presente en la boca. En efecto, para generar datos tridimensionales que van a representar la forma de la superficie de un diente escaneado, se proyecta la luz sobre el diente y se lee el reflejo de la ventana en el punto de la pantalla. Se analiza el patrón de reflexión resultante para establecer la morfología de la superficie del diente. A pesar de eso, la presencia de fluidos en la superficie puede provocar una desviación angular crucial en el medio que la luz atraviesa los fluidos, generando una alteración importante (61).

Debe concluirse que la mejor condición para tomar una impresión con cualquier escáner intraoral es aquella en la que existe un buen control de saliva o líquido en la boca.

Por este motivo, es aconsejable controlar correctamente el flujo de saliva durante la toma de impresiones con un escáner intraoral, ya que esto puede tener una gran repercusión en la reproducción o en el trabajo posterior. Sin embargo, es importante destacar que sigue siendo difícil obtener un control total en la boca. Cabe señalar que existen pocos estudios relevantes sobre este tema, por lo que sería ventajoso disponer de más estudios in vivo para evaluar adecuadamente las condiciones de humedad durante la toma de impresiones con un escáner intraoral.

9.3 Limitaciones del estudio

En esta revisión sistemática se destaca una falta significativa de estudios realizados. Debido a que este tema está poco desarrollado e investigado, nos quedamos con sólo ocho artículos incluidos en los resultados. Se trata de un número limitado de artículos, lo que aumenta el riesgo de sesgo de publicación.

Además, tenemos que destacar la falta de diversidad de los resultados, lo que produce una capacidad reducida para detectar diferencias significativas o asociaciones reales. En general, se necesitan más estudios para aumentar la solidez de las conclusiones. La falta de homogeneidad dificulta la síntesis de los resultados.

De hecho, para esta revisión sólo se estudiaron estudios in vitro. Así que, deben tenerse en cuenta algunas limitaciones específicas. La ausencia de tejidos y estructuras orales reales en los estudios no reflejan completamente la complejidad de los tejidos orales en situación clínica, lo que dificulta la evaluación de la eficacia de los escáneres intraorales en condiciones reales. En segundo lugar, las condiciones de luz artificial pueden diferir de las condiciones de luz naturales presentes en la cavidad bucal cuando se toma la impresión. Se aplica la misma limitación a la saliva artificial utilizada en los estudios in vitro. Tampoco se tienen en cuenta los movimientos y la saliva presentes de forma natural en la boca. Así, se puede cuestionarse sobre la fiabilidad de las muestras. En efecto, los resultados pueden depender de la preparación de las muestras, y en esta revisión serían los modelos tipodont. Además, para obtener una evaluación la más significativa posible, es necesario combinar estudios in vitro con estudios in vivo en animales o ensayos clínicos en pacientes reales. Estos estudios permitirían tener en cuenta la complejidad de las condiciones clínicas reales. No obstante, en nuestra investigación sólo nos encontramos con muy pocos estudios a propósito de un único paciente. Decidimos no incluirlos debido a sus limitaciones y a su escaso beneficio clínico. En efecto, los estudios de un solo paciente no son suficientemente concluyentes en nuestro caso, la ausencia de un grupo de control no nos permitiría evaluar el verdadero impacto de las condiciones de luz y humedad en la precisión y exactitud de las exploraciones intraorales.

Existen limitaciones debidas al protocolo utilizado en los estudios in vitro. Efectivamente, los estudios no respetan un protocolo único y universal, sino que varían en función del escáner intraoral utilizado y de la comparación de uno o varios escáneres entre sí. Esto implica que las conclusiones pueden ser diferentes en función del número de escáneres utilizados. Además, los estudios no analizan necesariamente las mismas condiciones de luz y saliva, lo que dificulta la síntesis y comparación de los resultados entre ellos. La mayoría de

los estudios incluidos utilizaron el mismo modelo de referencia, es decir, un modelo tipodont, aunque dos estudios diferían en este punto. Utilizaban o modelos de yeso o cuatros dientes humanos. La falta de comparabilidad es importante en este estudio en vista de la falta de coherencia entre los protocolos y métodos utilizados en los estudios incluidos en la revisión. Los datos obtenidos pueden ser incoherentes, lo que dificulta la extracción de conclusiones claras y precisas. De igual manera, algunos estudios pueden mostrar efectos positivos o negativos en la precisión y exactitud de las exploraciones intraorales en función de las condiciones de luz y saliva, mientras que otros pueden no encontrar diferencias significativas. Esta variación puede complicar la determinación de resultados verdaderos y fiables.

En cuanto a los artículos sobre la saliva y humedad, nuestra limitación fue el reducido número de artículos revisados, ya que sólo pudimos incluir tres artículos significativos que cumplían todos nuestros criterios de inclusión. Tener solo tres artículos que contienen saliva y humedad hace que los resultados sean insignificantes.

Es esencial considerar las diferencias en los protocolos a la hora de interpretar los resultados. Se recomendarán realizar metaanálisis o revisiones sistemáticas para aportar más material sobre este tema, porque está poco investigado. También se recomienda realizar un mayor número de estudios con protocolos más similares, que puedan aportar información más precisa y coherente a la literatura científica.

A pesar de las numerosas limitaciones de los estudios in vitro, es importante decir que siguen siendo una herramienta valiosa en la investigación científica y, en particular, sobre los efectos de la luz y las condiciones de la saliva en la precisión y exactitud de las exploraciones intraorales.

10.CONCLUSIONES

Conclusiones principales:

- 1- Las condiciones de iluminación al tomar impresiones con un escáner intraoral influyen en la precisión y exactitud. Se recomienda una iluminación ambiental de 1000 lux para obtener los mejores resultados. Aunque se debe tener en cuenta la marca del escáner utilizado.

Conclusiones secundarias:

- 1- El incremento de la humedad afectará de forma negativa a la precisión y exactitud del escaneado intraoral. Cuanto mayor sea el porcentaje de humedad peores resultados de precisión y exactitud obtendremos.

11. BIBLIOGRAFIA

1. Suese K. Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners. *D Mater J.* 2020;39:52–6.
2. Hann-Min Hwang H, Chou CW, Chen YJ, Jane Yao CC, Hann-Min H, Jane CC. An Overview of Digital Intraoral Scanners: Past, Present and Future-From an Orthodontic Perspective. *Taiwan J Orthodont.* 2018;30:148–62.
3. Róth I, Czigola A, Fehér D, Vitai V, Joós-Kovács GL, Hermann P, et al. Digital intraoral scanner devices: a validation study based on common evaluation criteria. *BMC Oral Health.* 2022;22:140–56.
4. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguié G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *J Healthc Eng.* 2017;2017:8427595–603.
5. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkynen A. Recent advances in dental optics - Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng.* 2014;54:203–21.
6. Sacher M, Schulz G, Deyhle H, Jäger K, Müller B. Accuracy of commercial intraoral scanners. *J Med Imaging.* 2021;8:035501–13.
7. Nezam S, Ahmed Khan S, Singh P, Kumari N, Shekher Singh S. Comparison and Evaluation of Linear Dimensional Accuracy of Three Elastomeric Impression Materials at Different Time Intervals Using Vision Inspection System: An In Vitro Study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2020;10:736–42.
8. Papadiochou S, Pissiotis AL. Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *J Prosthet Dent.* 2018;119:545–51.
9. Chiu A, Chen YW, Hayashi J, Sadr A. Accuracy of CAD/CAM digital impressions with different intraoral scanner parameters. *Sensors.* 2020;20:1157–8.
10. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health.* 2017;17:149–59.

11. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: Operator factors. *J Esthet Restor Dent.* 2022;1:230–40.
12. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J, et al. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *J Prosthodont Res.* 2020;64:109–13.
13. Ender A, Zimmermann M, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. *Clin Oral Investig.* 2016;20:1495–504.
14. Nedelcu R, Olsson P, Nyström I, Rydén J, Thor A. Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: A novel in vivo analysis method. *J Dent.* 2018;69:110–8.
15. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. *Eur J Orthod.* 2016;38:422–8.
16. Jivanescu A, Faur AB, Rotar RN. Can Dental Office Lighting Intensity Conditions Influence the Accuracy of Intraoral Scanning? *Scanning.* 2021;2021:9980590–600.
17. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res.* 2016;60:72–84.
18. Kachhara S, Nallaswamy D, Ganapathy DM, Sivaswamy V, Rajaraman V. Assessment of intraoral scanning technology for multiple implant impressions - A systematic review and meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc.* 2020;20:141–52.
19. AlRashdi A, Mutairi F, Aldubaikhi A, Zaylaee L, Alharbi A, Mossa H. Dental CAD/CAM: a brief review. *IJMDC.* 2020;4:1975–9.
20. Marchesi G, Piloni AC, Nicolini V, Turco G, Di Lenarda R. Chairside cad/cam materials: Current trends of clinical uses. *Biology (Basel).* 2021;10:1170–80.
21. Blatz MB, Conejo J. The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dent Clin North Am.* 2019;63:175–97.
22. Ting-shu S, Jian S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. *J Prosthodont.* 2015;24:313–21.

23. Amornvit P, Rokaya D, Sanohkan S. Comparison of accuracy of current ten intraoral scanners. *Biomed Res Int.* 2021;2021:2673040–9.
24. Baroudi K, Nasser Ibraheem S. Assessment of chair-side CAD/CAM restorations ... Baroudi K et al Conflicts of Interest: None Source of Support: Nil Assessment of Chair-side Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Restorations: A Review of the Literature. *J Int Oral Health.* 2015;7:96–104.
25. Ángeles Fuster-Torres M, Albalat-Estela S, Alcañiz-Raya M, Peñarrocha-Diago M. CAD / CAM dental systems in implant dentistry: Update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2009;14:E141–5.
26. Abduo J, Lyons K. Rationale for the use of CAD/CAM technology in implant prosthodontics. *Int J Dent.* 2013;2013:768121–8.
27. Henarejos-Domingo V, Clavijo V, Blasi Á, Madeira S, Roig M. Digital scanning under rubber dam: An innovative method for making definitive impressions in fixed prosthodontics. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33:976–81.
28. Revilla-León M, Gohil A, Barmak AB, Gómez-Polo M, Alonso Pérez-Barquero J, Att W, et al. Influence of ambient temperature changes on intraoral scanning accuracy. *J Prosthet Dent.* 2022;22.
29. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Int J Surg.* 2010;8:336–41.
30. Ramamoorthi M, Bakkar M, Jordan J, Tran SD. Osteogenic Potential of Dental Mesenchymal Stem Cells in Preclinical Studies: A Systematic Review Using Modified ARRIVE and CONSORT Guidelines. *Stem Cells Int.* 2015;2015:378368–95.
31. Clavijo V, Duarte S. Digital scan over dental dam: workflow for successful clinical outcome. *Quintessence Int.* 2021;52:660–5.
32. Czigola A, Róth I, Vitai V, Fehér D, Hermann P, Borbély J. Comparing the effectiveness of shade measurement by intraoral scanner, digital spectrophotometer, and visual shade assessment. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33:1166–74.
33. Rashid F, Jamayet N Bin, Farook TH, AL-Rawas M, Barman A, Johari Y, et al. Color variations during digital imaging of facial prostheses subjected

- to unfiltered ambient light and image calibration techniques within dental clinics: An in vitro analysis. *PLoS One*. 2022;17:e0273029–45.
34. Song J, Kim M. Accuracy on Scanned Images of Full Arch Models with Orthodontic Brackets by Various Intraoral Scanners in the Presence of Artificial Saliva. *Biomed Res Int*. 2020;2020:2920804–11.
 35. Rutkūnas V, Dirsė J, Bilius V. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination. *J Prosthet Dent*. 2020;123:322–9.
 36. Liberato WF, Barreto IC, Costa PP, de Almeida CC, Pimentel W, Tiossi R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study. *J Prosthet Dent*. 2019;121:271–5.
 37. Sirintawat N, Leelaratrungruang T, Poovarodom P, Kiattavorncharoen S, Amornsettachai P. The accuracy and reliability of tooth shade selection using different instrumental techniques: An in vitro study. *Sensors*. 2021;21:7490–507.
 38. Ebeid K, Sabet A, El Sergany O, Della Bona A. Accuracy and repeatability of different intraoral instruments on shade determination compared to visual shade selection. *J Esthet Rest Dent*. 2022;34:988–93.
 39. Pattamavilai S, Ongthiemsak C. Accuracy of intraoral scanners in different complete arch scan patterns. *J Prosthet Dent*. 2022;
 40. Peroz S, Spies BC, Adali U, Beuer F, Wesemann C. Measured accuracy of intraoral scanners is highly dependent on methodical factors. *J Prosthodont Res*. 2022;66:318–25.
 41. Revilla-León M, Methani MM, Özcan M. Impact of the ambient light illuminance conditions on the shade matching capabilities of an intraoral scanner. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33:906–12.
 42. Camcı H, Salmanpour F. Effect of saliva isolation and intraoral light levels on performance of intraoral scanners. *Am J Orthod and Dentofacial Orthoped*. 2020 Nov 1;158:759–66.
 43. Arakida T, Kanazawa M, Iwaki M, Suzuki T, Minakuchi S. Evaluating the influence of ambient light on scanning trueness, precision, and time of intra oral scanner. *J Prosthodont Res*. 2018;62:324–9.
 44. Wesemann C, Kienbaum H, Thun M, Spies BC, Beuer F, Bumann A. Does ambient light affect the accuracy and scanning time of intraoral scans? *J Prosthet Dent*. 2021;125:924–31.

45. Revilla-León M, Jiang P, Sadeghpour M, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, Özcan M, et al. Intraoral digital scans: Part 2 influence of ambient scanning light conditions on the mesh quality of different intraoral scanners. *J Prosthet Dent.* 2020;124:575–80.
46. Button H, Kois JC, Barmak AB, Zeitler JM, Rutkunas V, Revilla-León M. Scanning accuracy and scanning area discrepancies of intraoral digital scans acquired at varying scanning distances and angulations among 4 different intraoral scanners. *J Prosthet Dent.* 2023;3913:00067–87.
47. Piedra-Cascón W, Adhikari RR, Özcan M, Krishnamurthy VR, Revilla-León M, Gallas-Torreira M. Accuracy assessment (trueness and precision) of a confocal based intraoral scanner under twelve different ambient lighting conditions. *J Dent [Internet].* 2023;134:104530.
48. Chen Y, Zhai Z, Li H, Yamada S, Matsuoka T, Ono S, et al. Influence of Liquid on the Tooth Surface on the Accuracy of Intraoral Scanners: An In Vitro Study. *J Prosthodont.* 2022;31:59–64.
49. Revilla-León M, Subramanian SG, Att W, Krishnamurthy VR. Analysis of Different Illuminance of the Room Lighting Condition on the Accuracy (Trueness and Precision) of An Intraoral Scanner. *J Prosthodont.* 2021;30:157–62.
50. Rapone B, Palmisano C, Ferrara E, Di Venere D, Albanese G, Corsalini M. The accuracy of three intraoral scanners in the oral environment with and without saliva: A comparative study. *Appl Sci.* 2020;10:1–20.
51. Revilla-León M, Jiang P, Sadeghpour M, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, Özcan M, et al. Intraoral digital scans Part 1: Influence of ambient scanning light conditions on the accuracy (trueness and precision) of different intraoral scanners. *J Prosthet Dent.* 2020;124:372–8.
52. Koseoglu M, Kahramanoglu E, Akin H. Evaluating the Effect of Ambient and Scanning Lights on the Trueness of the Intraoral Scanner. *J Prosthodont.* 2021;30:811–6.
53. Agustín-Panadero R, Isabel M, Estada C, Alonso Pérez-Barquero J, Zubizarreta-Macho Á, Revilla-León M, et al. Effect of relative humidity on the accuracy, scanning time, and number of photograms of dentate complete arch intraoral digital scans. *J Prosthet Dent.* 2023;3913:00254–60.

54. Jivanescu A, Faur AB, Rotar RN. Can Dental Office Lighting Intensity Conditions Influence the Accuracy of Intraoral Scanning? *Scanning*. 2021;2021.
55. Arakida T, Kanazawa M, Iwaki M, Suzuki T, Minakuchi S. Evaluating the influence of ambient light on scanning trueness, precision, and time of intraoral scanner. *J Prosthodont Res*. 2018 1;62:324–9.
56. Wesemann C, Kienbaum H, Thun M, Spies BC, Beuer F, Bumann A. Does ambient light affect the accuracy and scanning time of intraoral scans? *J Prosthet Dent*. 2021;124:924-31.
57. Martínez-Rodríguez C, Patricia JP, Ricardo OA, Alejandro IL. Personalized dental medicine: Impact of intraoral and extraoral clinical variables on the precision and efficiency of intraoral scanning. *J Pers Med*. 2020 Sep 1;10:1–15.
58. Ochoa-López G, Cascos R, Antonaya-Martín JL, Revilla-León M, Gómez-Polo M. Influence of ambient light conditions on the accuracy and scanning time of seven intraoral scanners in complete-arch implant scans. *J Dent*. 2022;121:104138-45
59. Agustín-Panadero R, Moreno DM, Pérez-Barquero JA, Fernández-Estevan L, Gómez-Polo M, Revilla-León M. Influence of type of restorative materials and surface wetness conditions on intraoral scanning accuracy. *J Dent*. 2023;134:104521–31.
60. Park HN, Lim YJ, Yi WJ, Han JS, Lee SP. A comparison of the accuracy of intraoral scanners using an intraoral environment simulator. *J Adv Prosthodont*. 2018;10:58–64.
61. An H, Mickesh GJ, Cho D, Sorensen JA. Effect of finish line location and saliva contamination on the accuracy of crown finish line scanning. *J Prosthodont*. 2023;1–9.
62. Gómez-Polo M, Ortega R, Sallorenzo A, Agustín-Panadero R, Barmak AB, Kois JC, et al. Influence of the surface humidity, implant angulation, and interimplant distance on the accuracy and scanning time of complete-arch implant scans. *J Dent*. 2022;127:104307–15.

12.ANEXOS

Tabla 1: Tabla resumen de las búsquedas de cada una de las bases de datos empleadas.

BASE DE DATOS	BUSQUEDA	Nº DE ARTICULOS	FECHA
Pubmed	<p>((((((((in vitro[MeSH Terms]) OR (teeth[MeSH Terms])) OR (human experimentation[MeSH Terms])) OR (in vitro studies)) OR (dental in vitro studies)) OR (in vitro)) OR (human)) OR (dental)) AND (((((((intraoral scanner) OR (ios)) OR (digital impression)) OR (digital scan)) OR (scanning time)) OR (digital records)) OR (digital measurement)) OR (digital workflow)) AND (((light[MeSH Terms]) OR (humidity[MeSH Terms])) OR (saliva[MeSH Terms])) OR (ambient light condition)) OR (ambient light)) AND (((((((data accuracy[MeSH Terms]) OR (digital precision)) OR (repeatability)) OR (deviation)) OR (precision)) OR (trueness)) OR (accuracy)) OR (influencing accuracy factors))</p> <p>Filters: from 2018 - 2023</p>	141	20/05/23
SCOPUS	<p>ALL ("in vitro techniques" OR "teeth" OR "human experimentation" OR in AND vitro AND studies OR in AND vitro OR human OR dental) AND ALL (intraoral AND scanner OR ios OR digital AND impression OR digital AND scan OR scanning AND time OR digital AND records OR digital AND measurement OR digital AND workflow) AND ALL ("light" OR "saliva" OR "humidity" OR ambient AND light AND condition OR ambient AND light) AND ALL ("data accuracy" OR digital AND precision OR repeatability OR deviation OR precision OR trueness OR accuracy OR influencing AND accuracy AND factors) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2023) OR (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018))</p>	93	20/05/23
Web of Science	<p>(((TS=(("in vitro techniques" OR "teeth" OR "human experimentation" OR "in vitro studies" OR "in vitro" OR "human" OR "dental")) AND TS=(("intraoral scanner" OR "IOS" OR "digital impression" OR "digital scan" OR "scanning time" OR "digital records" OR "digital measurement" OR "digital workflow")) AND TS=(("light" OR "saliva" OR "humidity" OR "ambient light condition" OR "ambient light")) AND TS=(("data accuracy" OR "digital precision" OR "repeatability" OR "deviation" OR "precision" OR "trueness" OR "accuracy" OR "influencing accuracy factors")) and 2023 or 2022 or 2021 or 2020 or 2019 or 2018 (Publication Years)</p>	93	20/05/23

GUÍA PRISMA 2020

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	Cover page
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	1, 3
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	19
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	22
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	25
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	26-27
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	26-27
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	27
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	27-28
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	27-28
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	28
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	29-30
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	31
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	27, 31
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	27, 31
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	

Section and Topic	Item #	Checklist Item	Location where item is reported
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	33, 34
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	35, 36
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	36-44
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	45, 46
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	46-53
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	55-62
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	60-62
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	60-62
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	62
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found : template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

**INFLUENCIA DE LA LUZ Y LA HUMEDAD EN LA PRECISIÓN Y EXACTITUD DEL
ESCANEADO DENTAL SOBRE ESTUDIOS IN-VITRO: UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA**

**Título corto: Influencia de la luz y la humedad en la precisión y exactitud del escaneado
dental**

Autores:

Manon Madrona¹, Luis Perez Beltran²

¹ 5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.

²PhD, Associate Profesor. Faculty of Health Sciences. Department of Dentistry. European University of Valencia. Spain

Correspondencia:

Universidad europea de Valencia

Paseo Alameda, 7, Valencia

46010 – Valencia, Spain

luis.perez@universidadeuropea.es

Resumen

Introducción: La odontología es un campo en constante evolución, y el mayor avance reciente ha sido la tecnología digital con escáneres intraorales y sistemas CAD/CAM. Estos avances facilitan la planificación del tratamiento, además de mejorar la comunicación con el laboratorio. El campo digital puede sustituir a los métodos tradicionales, ofreciendo resultados más precisos. Sin embargo, hay varios factores que pueden influir en la precisión y exactitud de los escáneres intraorales, como la luz, la humedad y la saliva, lo que necesitaría una calibración y unas condiciones específicas a la hora de tomar impresiones digitales.

Material y método: Se efectuó una búsqueda electrónica en las bases de datos Pubmed, Scopus y Web of Science sobre la precisión y la exactitud de los escáneres intraorales en condiciones de luz y humedad.

Resultados: A total of 328 eligible publications were selected, eight of which met the inclusion criteria. Five articles dealt with light distribution and three with humidity and salivary conditions. Several studies showed that intraoral scanners performed best in light conditions of 1000 to 1003 lux for precision and accuracy, while one study showed that 3300 lux was optimal for accuracy. Not all scanners performed equally well for precision and accuracy in different lighting conditions. The accuracy and precision of intraoral scanners are less affected in dry conditions and at the lowest possible relative humidity.

Discusión: A pesar de las limitaciones, la mayoría de los estudios indican que una iluminación entre 1000 y 1003 lux es óptima, aunque varía en función del escáner utilizado. Los artículos son heterogéneos y no permiten establecer una clasificación universal. La humedad y la saliva afectan negativamente a la precisión y exactitud en la obtención de la impresión digital. Se recomienda controlar la humedad oral durante la exploración.

Palabras claves: *Intraoral scanner, IOS, CAD/CAM, ambient light conditions, humidity, saliva, precision, accuracy.*

Introducción

Los cambios más significativos e importantes en la odontología del siglo XXI se han producido en el ámbito digital (1). Hoy en día, los escáneres intraorales y los sistemas CAD/CAM nos permiten elaborar planes de tratamiento con mayor facilidad, comunicarnos mejor con los laboratorios, facilitar la gestión de los casos y reducir la extensión de los procedimientos y tratamientos (2). Por supuesto, la toma de impresión es una etapa fundamental del proceso restaurador si se quiere obtener el mejor resultado posible (3). Los escáneres intraorales, o IOS, son dispositivos capaces de tomar impresiones ópticas directamente en la boca. Permiten detectar las superficies de un objeto y las captura como datos tridimensionales (4). Se observó que la precisión de los escáneres intraorales puede verse afectada por múltiples factores, como la humedad y la saliva, la iluminación y la temperatura. La humedad y la temperatura son factores importantes para tener en cuenta a la hora de tomar una impresión digital. Aunque es necesario seguir investigando, se ha observado que la humedad puede afectar a la precisión de los escáneres. En cuanto a la iluminación, debe calibrarse de forma diferente en función de la marca del escáner intraoral. Sin embargo, en general, se sugiere una iluminación ambiental de 500 a 1.000 lux para la sala del escáner (5). Así que, se recomienda el uso de un luxómetro para estandarizar las condiciones de iluminación ambiental, para saber la intensidad de iluminación ambiental que tenemos en nuestra sala. La precisión y la fiabilidad de los escáneres se valorará mediante la repetibilidad, la validez y la reproducibilidad. Y la veracidad, que es igual de importante, se define como el grado de detalle y aproximación de la impresión digital a la realidad, y varía en función de la situación (6). Hoy en día, se encuentra una única revisión sistemática y metaanálisis en proceso de publicación sobre la influencia de las condiciones de luz ambiental en la precisión, la calidad de la malla y el tiempo de exploración de los escáneres intraorales. Para diferenciarnos, decidimos estudiar secundariamente la humedad además de la iluminación. En efecto, se encuentro pocos artículos concluyentes sobre este tema.

El objetivo de la presente revisión sistemática fue revisar la siguiente pregunta ¿En las impresiones digitales, las condiciones de humedad y de luz influyen en la exactitud y precisión del escaneado dental? En primer lugar, se evaluaron la precisión y la exactitud de los escáneres intraorales en condiciones de luz y en segundo lugar se evaluaron la precisión y la exactitud de los escáneres intraorales en condiciones de humedad y saliva.

Material y métodos

Esta revisión sistemática se realizó de acuerdo con la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta- Analyses) (7).

- Pregunta PICO:

Esta pregunta de estudio se basó en la pregunta estructurada PICO. El formato de las preguntas se estableció del siguiente modo:

P (población): Estudios in-vitro

I (intervención): Impresión digital

C (comparación): Distintos escenarios de humedad e iluminación

O (resultados):

- O1: Exactitud y precisión a niveles más bajos, evaluados en micras

- Criterios de elegibilidad:

Los criterios de inclusión fueron:

- Tipo de estudio: Ensayos clínicos aleatorizados controlados, serie de casos, estudios de cohortes prospectivos y retrospectivos, estudios sobre individuos humanos y estudios experimentales in-vitro. Estudios publicados en inglés, francés o español. Publicados hasta mayo 2023.
- Tipo de paciente: Estudios in-vitro e humanos.
- Tipo de intervención: Impresión digital.
- Tipo de variables de resultados: Estudios que analizan la exactitud y la precisión del scanner intraoral bajo distintos factores como la humedad y la luz.

Los criterios de exclusión fueron: Los estudios sobre animales, cartas al editor, informes de expertos, a propósito de un caso, estudios publicados antes de 2018, estudios de revisión bibliográfica, estudios de revisión sistemática, metaanálisis. Se excluyeron también a los estudios centrados en implantes o prótesis.

- **Fuentes de información y estrategia de búsqueda:**

Se realizó una búsqueda bibliográfica en las tres bases de datos siguientes: PubMed, Scopus y Web of Science. Se utilizaron las siguientes palabras clave: “in vitro techniques”, “teeth”, “human experimentation”, “in vitro studies”, “in vitro”, “human”, “dental”, “intraoral scanner”, “IOS”, “digital impression” “digital scan”, “scanning time”, “digital records”, “digital measurement”, “light”, “ambient light conditions”, “ambient light”, “saliva”, “humidity”, “digital precision”, “digital accuracy”, “repeatability”, “desviation”, “precision”, “trueness”, “accuracy”, “influencing accuracy factors”, “dental”. A esas palabras claves, se asociaron los operadores booleanos AND, OR y NOT. Se asociaron también los términos controlados “MeSH Terms” para la base de datos Pubmed con el fin de obtener los mejores y más extensos resultados de búsqueda.

La búsqueda Pubmed fue: (((((((((in vitro[MeSH Terms]) OR (teeth[MeSH Terms])) OR (human experimentation[MeSH Terms])) OR (in vitro studies)) OR (dental in vitro studies)) OR (in vitro)) OR (human)) OR (dental)) AND (((((((((intraoral scanner) OR (ios)) OR (digital impression)) OR (digital scan)) OR (scanning time)) OR (digital records)) OR (digital measurement)) OR (digital workflow)) AND (((((light[MeSH Terms]) OR (humidity[MeSH Terms])) OR (saliva[MeSH Terms])) OR (ambient light condition)) OR (ambient light))) AND (((((((((data accuracy[MeSH Terms]) OR (digital precision)) OR (repeatability)) OR (deviation)) OR (precision)) OR (trueness)) OR (accuracy)) OR (influencing accuracy factors)) Filters: from 2018 - 2023

- **Proceso de selección de los estudios:**

Los datos fueron revisados por un único revisor (MM). Se realizó un proceso de selección en tres fases. En primer lugar, se filtró los artículos por los títulos eliminando a las publicaciones irrelevantes. En segundo lugar, se examinaron los resúmenes. Por fin, en tercer lugar, se hizo el cribado según la lectura entera de cada artículo con el fin de confirmar la elegibilidad de los estudios. Y se destacaron los artículos duplicados.

- **Extracción de datos:**

A partir de cada estudio, se extrajeron la siguiente información y se puso en tablas: autores y año de publicación, tipo de estudio (estudios in-vitro), los escáneres intraorales empleados

en cada estudio, número de escaneados digitales totales, las condiciones de luz, de humedad y de temperatura, la precisión y exactitud en diferentes condiciones de luz y humedad/saliva (en micras).

- **Valoración de calidad:**

La evaluación de la calidad de los artículos en cuanto a la valoración del riesgo de sesgos fue hecha por un único revisor (MM).

Para analizar correctamente la calidad de los estudios In-vitro seleccionados, se utilizó la escala modificada de ARRIVE (Animal research: reporting in invivo experiments) y CONSORT (Consolidated reporting of trials). Se evaluaron en relación con la realización correcta y la estructura de título, resumen, introducción, métodos, resultados, discusión y conclusiones (8).

- **Síntesis de datos:**

Con el objetivo de resumir y comparar las distintas variables de resultado entre los diversos estudios, se agruparon los valores obtenidos en tablas según las variables y los escáneres intraorales empleados. A continuación, se compararon los valores para establecer los mejores resultados obtenidos en cada estudio.

Resultados:

- **Selección de estudios:**

Se obtuvieron un total de 328 artículos a partir de la búsqueda electrónica inicial: Medline – PubMed (n=141), SCOPUS (n=93) y Web of Science (n=93). Además, se añadió 1 artículo más por búsqueda manual. Se seleccionaron 296 publicaciones elegibles para la evaluación del título y del resumen. Luego, 27 publicaciones se eligieron para la evaluación del texto completo. Ocho artículos cumplieron los criterios de inclusión y entonces, fueron elegibles para incluir la presente revisión sistemática (Fig 1).

- **Análisis de las características de los estudios revisados:**

En la presente revisión sistemática, los ocho artículos seleccionados fueron todos estudios in-vitro (6,9–15). Se utilizaron principalmente los escáneres intraorales siguientes: TRIOS 3 (11,13–15), CEREC Omnicam, iTero Element, CS 3600, Planmeca y Primescan. Además, las condiciones de luz se encontraban entre 0 lux y 11.000 lux, y para las condiciones de humedad/saliva, se encontraban con o sin saliva artificial (Tabla 1). Se trataron un total de 1850 escaneados digitales. Se estudiaron cinco artículos (6,9,11,13,14) con el fin de estudiar la precisión y la exactitud en función de las condiciones de luz y tres artículos (10,12,15) con el fin de estudiar la precisión y la exactitud en función de las condiciones de humedad y saliva.

- **Evaluación de la calidad metodológica:**

Los estudios in-vitro incluidos en esta revisión (6,9–15) fueron evaluados según la escala modificada de ARRIVE y CONSORT (8) (Tabla 2).

- **Síntesis de resultados:**

Exactitud y precisión en condiciones de luz:

En relación con la exactitud y la precisión de diferentes escáneres intraorales, cinco estudios proporcionaron datos en función de varias condiciones de luz (6,9,11,13,14) (Tabla 3). Considerando las medias y la desviación estándar de la exactitud y precisión de cada estudio, se encontró que el rendimiento fue mejor en las condiciones de 1000 lux y 1003 lux (9,11,13,14), aparte del estudio de Jivanescu y Cols (6), que establecieron que 3300 lux presentaba el mejor nivel de exactitud con respecto a los datos de referencia, siendo la desviación la más baja de todos los grupos. En cuanto a la precisión, los mejores valores de precisión se obtuvieron en las condiciones de 3300 lux con un valor de 16,62 μm , seguido de cerca con valores casi similares por 3800 lux y 1000 lux (6). Para el escáner iTero Element, se encontró los mejores niveles de precisión con una media de 191,85 μm y exactitud con una media de 71,97 μm en condiciones de 1003 lux. En cuanto al escáner Cerec Omnicam, se encontró los mejores niveles de precisión con una media de 279,79 μm y exactitud con una media de 247,06 μm en condiciones de 0 lux (13). Para el escáner TRIOS 3, los mejores resultados fueron en condiciones que oscilaba entre 1000 lux y 1003 lux, donde se encontró una precisión de 203,86 μm (13), 40,04 μm (11) y una exactitud de 94,31 μm (13), de 2,33 μm

(14) y de 26,33 μm (11). El escáner Primescan, tuvo sus mejores resultados en condiciones de 1000 lux con una media de 97,4 μm para la precisión y una media de 69,5 μm para la exactitud (9). En cuanto al escáner Planmeca, se obtuvo los mejores resultados en condiciones de 3300 lux con una media de 16,62 μm sobre la precisión y en condiciones de 10.000 lux con una media de 35,2 μm en relación con la exactitud. Los resultados más pequeños obtenidos fueron los de mayor precisión o exactitud de las exploraciones intraorales.

Exactitud y precisión en condiciones de humedad:

En relación con la exactitud y la precisión de diferentes escáneres intraorales, tres estudios proporcionaron datos en función de varias condiciones de humedad/saliva (10,12,15) (Tabla 4). Los resultados obtenidos en los dos estudios estudiados revelaron que la exactitud y la precisión se ven menos afectadas cuando no hay condiciones de humedad y saliva, es decir, en un lugar seco o con el menor porcentaje de humedad posible. El escáner TRIOS 3 mostró sus mejores valores de exactitud en condiciones secas con una media de 55,920 μm (12) y 108,78 μm (10). En cuanto a la precisión, también conseguí sus mejores resultados en condiciones secas con una media de 14,1916 μm (12) y 76,82 μm (10). Y obtuvo una media de 41,4 μm (15) para la exactitud y una media de 37,9 μm para la precisión en condiciones de 50% de humedad relativa, es decir en la condición de humedad la más baja, medida en el estudio de Agustín-Panadero y cols. Y el segundo mejor resultado obtenido fue con la condición de 70% de humedad relativa con una media de 46,7 μm para la exactitud y 40,7 μm para la precisión (15). Para el escáner CS 3600, se obtuvo un mejor valor de exactitud sin condiciones de saliva, con una media de 46,580 μm (12). Y en cuanto al escáner Cerec Omnicam, mostró una precisión global inferior tanto en ausencia como en presencia de saliva, pero obtuvo su mejor valor de exactitud sin condiciones de saliva, con una media de 63,065 μm (12). Por último, el escáner Primescan, obtuvo los mejores resultados en condición seca con una media de 41,83 μm para la precisión y una media de 19,93 μm para la exactitud (10).

Discusión:

La presente revisión sistemática proporciona información basada en la evidencia científica sobre los resultados obtenidos en cuanto a la exactitud y precisión analizadas en diferentes condiciones de luz y humedad durante el escaneado dental.

Exactitud y precisión en condiciones de luz:

Los resultados de esta revisión sistemática indican que la mayoría de los expertos están de acuerdo en que las condiciones de iluminación tienen un efecto significativo en la precisión y exactitud de los escáneres intraorales. A excepción del estudio de Jivanescu y cols. (6), que concluyó que el impacto en la exactitud era escaso. Además, los diferentes resultados obtenidos indican que la condición óptima de luminosidad para la mayoría de los escáneres intraorales estudiados, en términos de exactitud y precisión, se sitúa entre 1000 y 1003 lux (9,11,13,14). Los resultados obtenidos en el estudio de Wesemann y cols. (16) coinciden también con los del artículo de Revilla-León y cols. (13) en lo que respecta a los escáneres TRIOS y Cerec Omnicam. Los mejores resultados obtenidos para Cerec Omnicam fueron a 0 lux (13) y 100 lux (16) mientras que TRIOS obtuvo en general buenos resultados a 500, 1003 y 10.000 lux con sus mejores resultados a 1003 lux (13) y sólo se vio ligeramente afectado en el estudio de Wesemann y cols. (16). En resumen, los resultados de este estudio comparados con otros artículos científicos son controvertidos. Observamos que los valores obtenidos son en torno a 1000 lux dependiendo de las condiciones analizadas. También observamos que esto varía mucho en función de la marca del escáner utilizado, y entonces de la calidad de malla de cada escáner intraoral (17). Por otra parte, los escáneres iTero y TRIOS disponen de imágenes confocales. Y Cerec Omnicam está equipado con una técnica de triangulación. Los autores (13) afirman que dependiendo de la técnica de imagen y escaneado utilizada por el escáner intraoral, en este caso la imagen confocal, existen diferencias en la precisión y exactitud. Estas diferencias en las técnicas de obtención de imágenes pueden explicar las diferencias observadas en los artículos incluidos en nuestra revisión sistemática.

Recomendamos seguir las instrucciones del fabricante.

Exactitud y precisión en condiciones de la humedad y saliva:

En investigaciones anteriores sobre la precisión de los escáneres intraorales, se indicó que la saliva, la sangre, el líquido crevicular gingival y alta humedad en boca podrían afectar a la precisión de los resultados del escaneado. Con el fin de disminuir los errores de escaneado, algunos autores recomiendan utilizar aire comprimido para el secado antes de tomar la impresión con el escáner intraoral (10). Los resultados de esta revisión sistemática, basadas en tres artículos científicos (10,12,15), revelaron que las condiciones de humedad y saliva elevadas afectan en gran medida a los resultados obtenidos al tomar impresiones digitales.

En efecto, se vio que niveles de humedad del 50-70% producirán impresiones digitales más precisas, mientras que niveles de humedad del 80-90% reducirán la calidad y precisión (15). Camci y cols. (18) estudiaron dos condiciones de humedad, con y sin aislamiento de saliva combinadas con diferentes condiciones de luz. Los resultados de este estudio confirman nuestras conclusiones, ya que los autores dedujeron que los factores ambientales influyen en la precisión de la exploración intraoral, en particular con el escáner TRIOS. Es aconsejable controlar correctamente el flujo de saliva durante la toma de impresiones con un escáner intraoral, ya que esto puede tener una gran repercusión en la reproducción o en el trabajo posterior. Así lo confirma el estudio realizado por Gómez-Polo y cols. (19), que estudió cómo la humedad podía afectar a la precisión y exactitud del escaneado intraoral en una arcada completamente edéntula con implantes. Los resultados obtenidos fueron que la presencia de saliva empeoraba claramente la precisión y la exactitud durante la impresión digital.

A pesar de las limitaciones, se recomienda una iluminación ambiental de 1000 lux para obtener los mejores resultados. Aunque se debe tener en cuenta la marca del escáner utilizado. En cuanto a la saliva y humedad, cuanto mayor sea el porcentaje de humedad peores resultados de precisión y exactitud obtendremos, entonces se recomienda un buen control de saliva y humedad a la hora de tomar una impresión digital.

Bibliografía:

1. Suese K. Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners. *D Mater J.* 2020;39:52–6.
2. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *J Healthc Eng.* 2017;2017:8427595–603.
3. Sacher M, Schulz G, Deyhle H, Jäger K, Müller B. Accuracy of commercial intraoral scanners. *J Med Imaging.* 2021;8:035501–13.
4. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J, et al. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *J Prosthodont Res.* 2020;64:109–13.
5. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: Operator factors. *J Esthet Restor Dent.* 2022;1:230–40.

6. Jivanescu A, Faur AB, Rotar RN. Can Dental Office Lighting Intensity Conditions Influence the Accuracy of Intraoral Scanning? *Scanning*. 2021;2021.
7. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Int J Surg*. 2010;8:336–41.
8. Ramamoorthi M, Bakkar M, Jordan J, Tran SD. Osteogenic Potential of Dental Mesenchymal Stem Cells in Preclinical Studies: A Systematic Review Using Modified ARRIVE and CONSORT Guidelines. *Stem Cells Int*. 2015;2015:378368–95.
9. Piedra-Cascón W, Adhikari RR, Özcan M, Krishnamurthy VR, Revilla-León M, Gallas-Torreira M. Accuracy assessment (trueness and precision) of a confocal based intraoral scanner under twelve different ambient lighting conditions. *J Dent*. 2023;134:104530.
10. Chen Y, Zhai Z, Li H, Yamada S, Matsuoka T, Ono S, et al. Influence of Liquid on the Tooth Surface on the Accuracy of Intraoral Scanners: An In Vitro Study. *J Prosthodont*. 2022;31:59–64.
11. Revilla-León M, Subramanian SG, Att W, Krishnamurthy VR. Analysis of Different Illuminance of the Room Lighting Condition on the Accuracy (Trueness and Precision) of An Intraoral Scanner. *J Prosthodont*. 2021;30:157–62.
12. Rapone B, Palmisano C, Ferrara E, Di Venere D, Albanese G, Corsalini M. The accuracy of three intraoral scanners in the oral environment with and without saliva: A comparative study. *Appl Sci*. 2020;10:1–20.
13. Revilla-León M, Jiang P, Sadeghpour M, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, Özcan M, et al. Intraoral digital scansdPart 1: Influence of ambient scanning light conditions on the accuracy (trueness and precision) of different intraoral scanners. *J Prosthet Dent*. 2020;124:372–8.
14. Koseoglu M, Kahramanoglu E, Akin H. Evaluating the Effect of Ambient and Scanning Lights on the Trueness of the Intraoral Scanner. *J Prosthodont*. 2021;30:811–6.
15. Agustín-Panadero R, Isabel M, Estada C, Alonso Pérez-Barquero J, Zubizarreta-Macho Á, Revilla-León M, et al. Effect of relative humidity on the accuracy, scanning time, and number of photographs of dentate complete arch intraoral digital scans. *J Prosthet Dent*. 2023;3913:00254–60.
16. Wesemann C, Kienbaum H, Thun M, Spies BC, Beuer F, Bumann A. Does ambient light affect the accuracy and scanning time of intraoral scans? *J Prosthet Dent*. 2021;125:924–31.

17. Revilla-León M, Jiang P, Sadeghpour M, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, Özcan M, et al. Intraoral digital scans: Part 2 influence of ambient scanning light conditions on the mesh quality of different intraoral scanners. *J Prosthet Dent.* 2019;124:575–80.
18. Camcı H, Salmanpour F. Effect of saliva isolation and intraoral light levels on performance of intraoral scanners. *Am J Orthod and Dentofacial Orthoped.* 2020 Nov 1;158:759–66.
19. Gómez-Polo M, Ortega R, Sallorenzo A, Agustín-Panadero R, Barmak AB, Kois JC, et al. Influence of the surface humidity, implant angulation, and interimplant distance on the accuracy and scanning time of complete-arch implant scans. *J Dent.* 2022;127:104307–15.

Financiamiento: Ninguno declarado

Conflicto de interés: Ninguno declarado

Tabla 1. Características generales de los artículos estudiados.

Autor / año	Tipo de estudio	Escáneres intraorales	Grupos de estudio	Nº de escaneados digitales totales	Condiciones de luz	Condiciones de humedad / saliva	Condiciones de temperatura
Revilla-León y cols. 2019 (13)	In-vitro	iTero Element (IOS-1) CEREC Omnicam (IOS-2) TRIOS 3D (IOS-3)	Luz del sillón (10.000 lux = CL), sillón dental y sin ventanas. Luz ambiental (1003 lux = RL) se apagó la luz de la silla y sólo se utilizó la luz del techo, sin ventanas ni luz natural. Luz natural (500 lux = NL), se utilizó una habitación con luz natural Luz cero (0 lux = ZL)	N = 120	10.000 lux 1003 lux 500 lux 0 lux	/	Temperatura de color = 4100k
Jivanescu y cols. 2021 (6)	In-vitro	Planscan, Planmeca	El escáner intraoral por cada condición de lux (6 grupos)	N = 30	11.000 lux 10.000 lux 3800 lux 3300 lux 1000 lux 400 lux	/	/
Koseoglu y cols. 2021 (14)	In-vitro	TRIOS 3Shape	RLW: la luz del techo (1003 lux) + modo blanco RLB: La luz del techo + modo azul. ZLW: No había luz (0 lux) + modo blanco. ZLB: No había luz + modo azul	N = 80	1003 lux 0 lux	/	23°C
Revilla-León y cols. 2021	In-vitro	TRIOS 3Shape	El escáner intraoral por cada condición de luz (10 grupos)	N = 1000	Entre 1000 lux y 10.000 lux	/	23°C

(11)							Temperatura de color = 4100k
Piedra-Cascón y cols. 2023 (9)	In-vitro	Primescan		N= 120	Entre 0 lux y 10.000 lux	/	Temperatura de color = 4100k
Rapone y cols. 2020 (12)	In-vitro	CS 3600 TRIOS 3shape CEREC Omnicam	4 muestras: 2 molares inferiores y 1 premolar inferior y 1 premolar superior en cada condición de humedad	N = 240	/	90% Con / sin saliva	37°C
Chen y cols. 2022 (10)	In-vitro	TRIOS 3shape Primescan	12 grupos de modelos 3D divididos en función de diferentes escáneres intraorales y líquidos utilizados en cada condición	N = 120	500 ± 20 lux	55 ± 5% Agua ultrapura / Saliva artificial Condición seca Condición de secado con secador	25 ± 2°C
Agustín-Panadero y cols. 2023 (15)	In-vitro	TRIOS 3shape	4 grupos en función de la humedad relativa: 50%, 70%, 80% y 90%	N= 120	1000 lux	50%, 70%, 80% y 90%	36°C

Tabla 2. Representación del riesgo de sesgo

Autor/Año	Título	Resumen	Introducción	Introducción	Métodos	Métodos	Métodos	Métodos	Resultados	Discusión	Declaración de conflictos potenciales y financiación	Publicación en una revista revisada por pares	Riesgo de sesgo
Revilla-León y cols. 2019 (13)	1	3	2	1	3	3	3	3	3	1	0	0	=23
Jivanescu y cols. 2021 (6)	1	2	3	2	3	2	2	3	3	1	0	0	=22
Koseoglu y cols. 2021 (14)	1	3	3	2	2	3	3	2	2	2	1	0	=24
Revilla-León y cols. 2021 (11)	1	3	3	2	2	3	3	3	3	2	1	1	=27
Piedra-Cascón y cols. 2023 (9)	1	2	3	2	3	3	3	3	3	2	1	1	= 27
Rapone y cols. 2020 (12)	1	3	3	1	3	3	3	3	3	2	1	0	= 26
Chen y cols. 2022 (10)	1	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	0	=27
Agustín-Panadero y cols. 2023 (15)	1	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	0	=27

Tabla 3. Resultados descriptivos de la exactitud y precisión en diferentes condiciones de luz analizados por los estudios.

Autor.año	Condiciones de luz	iTerо Element		CEREC Omnicam		TRIOS 3		Planmeca		Primescan	
		Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud
Revilla-León y cols. 2019 (13)	10.000 lux	196,16	74,51	438,01	393,10	208,19	130,99	/	/	/	/
	1003 lux	191,85	71,97	384,74	315,93	203,86	94,31	/	/	/	/
	500 lux	321,65	78,50	475,60	370,42	207,70	139,26	/	/	/	/
	0 lux	352,66	88,60	279,79	247,06	216,72	92,22	/	/	/	/
Koseoglu y cols. 2021 (14)	1003 lux + modo blanco	/	/	/	/	/	77,34	/	/	/	/
	1003 lux + modo azul	/	/	/	/	/	72,33	/	/	/	/
	0 lux + modo blanco	/	/	/	/	/	88,49	/	/	/	/
	0 lux + modo blanco	/	/	/	/	/	82,73	/	/	/	/
Revilla-León y cols. 2021 (11)	10.000 lux	/	/	/	/	73,51	39,55	/	/	/	/
	9000 lux	/	/	/	/	68,28	32,17	/	/	/	/
	8000 lux	/	/	/	/	77,37	37,76	/	/	/	/
	7000 lux	/	/	/	/	72,42	34,79	/	/	/	/
	6000 lux	/	/	/	/	83,50	38,67	/	/	/	/

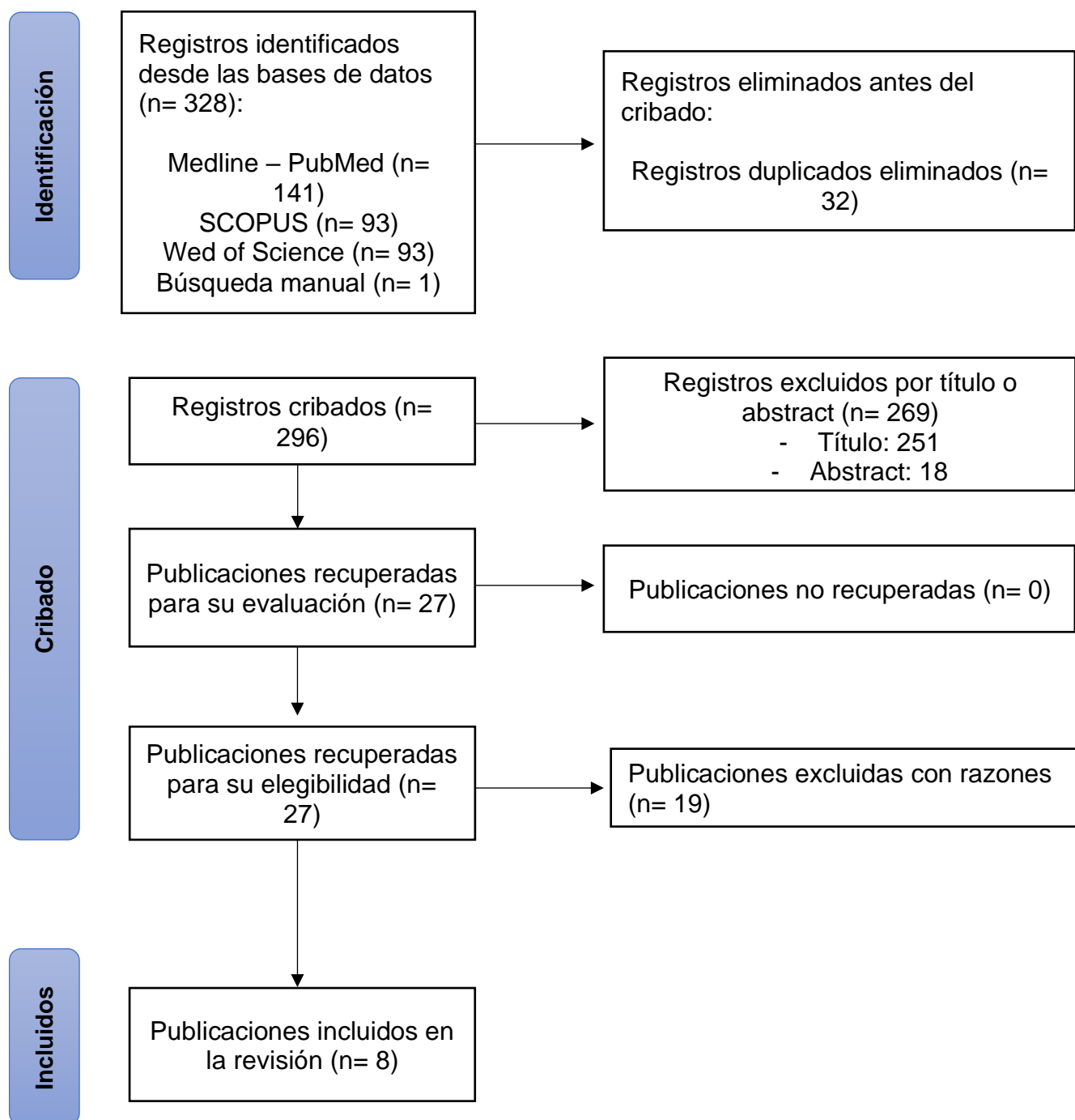
	5000 lux	/	/	/	/	99,94	46,38	/	/	/	/
	4000 lux	/	/	/	/	72,09	39,40	/	/	/	/
	3000 lux	/	/	/	/	73,96	36,48	/	/	/	/
	2000 lux	/	/	/	/	63,06	35,22	/	/	/	/
	1000 lux	/	/	/	/	40,04	26,33	/	/	/	/
Jivanescu y cols. 2021 (6)	11.000 lux	/	/	/	/	/	/	21,60	28,4	/	/
	10.000 lux	/	/	/	/	/	/	17,68	35,2	/	/
	3800 lux	/	/	/	/	/	/	17,04	33,6	/	/
	3300 lux	/	/	/	/	/	/	16,62	33	/	/
	1000 lux	/	/	/	/	/	/	17,14	37,6	/	/
	400 lux	/	/	/	/	/	/	20,39	35,7	/	/
Piedra- Cascón W y cols. 2023 (9)	10.000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	337,6	197,5
	9000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	338,1	195,5
	8000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	318,1	166,5
	7000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	330,7	195,7
	6000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	463,9	304,5
	5000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	466,9	308,8
	4000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	473,3	309
	3000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	452	293,3
	2000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	468,8	315,1
	1000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	97,4	69,5
	500 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	482,5	322,6
0 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	488	335,5	

Tabla 4. Resultados descriptivos de la exactitud y precisión en condiciones de humedad / saliva analizados por los estudios.

Condiciones de humedad		TRIOS 3		CEREC Omnicam		CS 3600		Primescan	
		Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud	Precisión	Exactitud
Rapone y cols. 2020 (12)	Muestra 1 CON saliva artificial	719.233	287.580	294.311	421.915	719.233	231.03	/	/
	Muestra 2 CON saliva artificial	1.129.371	279.165	274.635	378.145	334.691	179.165	/	/
	Muestra 3 CON saliva artificial	50.7625	256.485	23.8861	431.970	28.5659	167.615	/	/
	Muestra 4 CON saliva artificial	50.7625	371.225	23.8861	505.045	28.5659	329.205	/	/
	Muestra 1 sin saliva	21.6337	66.910	18.094	98.825	13.9797	52.510	/	/
	Muestra 2 sin saliva	14.1916	72.995	20.3839	97.800	17.4147	61.855	/	/
	Muestra 3 sin saliva	16.663	75.555	15.7074	63.065	12.7563	46.580	/	/
	Muestra 4 sin saliva	16.6755	55.920	16.6857	89.295	14.1098	53.635	/	/
Chen y cols. 2022 (10)	Agua ultrapura	88.13	152.04	/	/	/	/	74.13	139.75
	Agua ultrapura seca	78.37	109.79	/	/	/	/	41.83	106.06
	Agua ultrapura secado con secador	79.36	124.27	/	/	/	/	57.52	19.93
	Saliva artificial	85.06	166.94	/	/	/	/	78.96	145.01
	Saliva artificial seca	77.70	108.78	/	/	/	/	42.64	103.37
	Saliva artificial secado con secador	76.82	127.98	/	/	/	/	62.68	124.80
Agustín-Panadero y cols 2023 (15)	50% de humedad relativa	37,9	41,4	/	/	/	/	/	/
	70% de humedad relativa	40,7	46,7	/	/	/	/	/	/

	80% de humedad relativa	72,0	74,4	/	/	/	/	/	/
	90% de humedad relativa	88,9	84,3	/	/	/	/	/	/

Fig 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.



INFLUENCE OF LIGHT AND HUMIDITY ON THE PRECISION AND ACCURACY OF DENTAL SCANNING ON IN-VITRO STUDIES: A SYSTEMATIC REVIEW

**Running title: Influence of light and humidity on the accuracy and precision of dental
scanning**

Authors:

Manon Madrona¹, Luis Perez Beltran²

¹ 5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.

²PhD, Associate Profesor. Faculty of Health Sciences. Department of Dentistry. European University of Valencia. Spain

Corresponding and reprints authors

European University of Valencia

Paseo Alameda, 7, Valencia

46010 - Valencia, Spain

luis.perez@universidadeuropea.es

Abstract

Introduction: Dentistry is a constantly evolving field, and the biggest recent advance has been digital technology with intraoral scanners and CAD/CAM systems. These advances make treatment planning easier, as well as improving communication with the laboratory. The digital field can replace traditional methods, providing more accurate results. However, there are several factors that can influence the precision and accuracy of intraoral scanners, such as light, humidity and saliva, which would require calibration and specific conditions when taking digital impressions.

Material and Methods: An electronic search of Pubmed, Scopus and Web of Science databases on the precision and accuracy of intraoral scanners under light and humidity conditions was performed.

Results: 328 eligible publications were selected, eight of which met the inclusion criteria. Five articles dealt with light distribution and three with humidity and salivary conditions. Several studies showed that intraoral scanners performed best in light conditions of 1000 to 1003 lux for precision and accuracy, while one study showed that 3300 lux was optimal for accuracy. Not all scanner models performed equally well for precision and accuracy in different lighting conditions. The accuracy and precision of intraoral scanners are less affected in dry conditions.

Discussion: Despite the limitations, most studies indicate that illumination between 1000 and 1003 lux is optimal, although it varies depending on the scanner used. The articles are heterogeneous and do not allow a universal classification. Moisture and saliva negatively affect the precision and accuracy of the acquisition of the digital impression. It is recommended to monitor oral humidity during scanning.

Keywords: *Intraoral scanner, IOS, CAD/CAM, ambient light conditions, humidity, saliva, precision, accuracy.*

Introduction:

The most significant and important changes in 21st century dentistry have occurred in the digital realm (1). Today, intraoral scanners and CAD/CAM systems allow us to create treatment plans more easily, communicate better with laboratories, facilitate case management, and reduce the length of procedures and treatments (2). Of course, impression taking is an essential step in the restorative process if the best possible result is to be achieved (3). Intraoral scanners, or IOS, are devices capable of taking optical impressions directly in the mouth. They can detect the surfaces of an object and capture them as three-dimensional data (4). It was noted that the accuracy of intraoral scanners can be affected by multiple factors, such as humidity and saliva, illumination, and temperature. Humidity and temperature are important factors to consider when taking a digital impression. Although further research is needed, it has been observed that humidity can affect the accuracy of scanners. As for illumination, it should be calibrated differently depending on the brand of intraoral scanner. However, in general, an ambient illumination of 500 to 1,000 lux is suggested for the scanner room (5). So, it is recommended to use a lux meter to standardise the ambient lighting conditions, to know the intensity of ambient lighting we have in our room. The accuracy and reliability of the scanners will be assessed by repeatability, validity, and reproducibility. And veracity, which is equally important, is defined as the degree of detail and closeness of the digital impression to reality and varies depending on the situation (6). Today, a single systematic review and meta-analysis is in the process of publication on the influence of ambient light conditions on accuracy, mesh quality and scanning time of intraoral scanners. To differentiate ourselves, we decided to secondarily study humidity in addition to illumination. Indeed, few conclusive articles can be found on this topic.

The aim of the present systematic review was to review the following question In digital impressions, do humidity and light conditions influence the accuracy and precision of dental scanning? Firstly, the accuracy and precision of intraoral scanners were evaluated under light conditions and secondly, the accuracy and precision of intraoral scanners were evaluated under humid and saliva conditions.

Material and methods

This systematic review was conducted according to the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta- Analyses) guidelines (7).

- Focus question:

This study question was based on the structured PICO question. The question format was set as follows:

P (population): In-vitro studies

I (intervention): Digital imprinting

C (comparison): Different humidity and illumination scenarios

O (results):

- O1: Accuracy and precision at lower levels, evaluated in microns.

- Eligibility criteria:

Inclusion criteria were:

- Study design: Randomised controlled clinical trials, case series, prospective and retrospective cohort studies, studies on human individuals and in-vitro experimental studies. Studies published in English, French or Spanish. Published until May 2023.
- Patient: In-vitro and human studies.
- Intervention: Fingerprinting.
- Outcomes: Studies analyzing the accuracy and precision of intraoral scanning under different factors such as humidity and light.

Exclusion criteria were: Animal studies, letters to the editor, expert reports, case reports, studies published before 2018, literature review studies, systematic review studies, meta-analyses. Studies focusing on implants or prostheses were also excluded.

- **Informations sources and data search:**

A literature search was conducted in the three databases mentioned above: PubMed, Scopus and Web of Science. The following keywords were used: "in vitro techniques", "teeth", "human experimentation", "in vitro studies", "in vitro", "human", "dental", "intraoral scanner", "IOS", "digital impression" "digital scan", "scanning time", "digital records", "digital measurement", "light", "ambient light conditions", "ambient light", "saliva", "humidity", "digital precision", "digital accuracy", "repeatability", "deviation", "precision", "trueness", "accuracy", "influencing accuracy factors", "dental". The Boolean operators AND, OR and NOT were associated with these keywords. The controlled terms "MeSH Terms" for the Pubmed database were also associated to obtain the best and most extensive search results.

The Pubmed search was: (((((((((in vitro [MeSH Terms]) OR (teeth [MeSH Terms])) OR (human experimentation [MeSH Terms])) OR (in vitro studies)) OR (dental in vitro studies)) OR (in vitro)) OR (human)) OR (dental)) AND (((((((((intraoral scanner) OR (ios)) OR (digital impression)) OR (digital scan)) OR (digital scanning time)) OR (digital records)) OR (digital measurement)) OR (digital workflow)) AND (((((((light [MeSH Terms]) OR (humidity [MeSH Terms])) OR (saliva [MeSH Terms])) OR (ambient light condition)) OR (ambient light)))))) AND (((((((data accuracy [MeSH Terms]) OR (digital accuracy)) OR (repeatability)) OR (deviation)) OR (precision)) OR (trueness)) OR (accuracy)) OR (influencing accuracy factors)) Filters: from 2018 – 2023

- **Search strategy:**

Data were reviewed by a single reviewer (MM). A three-stage selection process was carried out. First, articles were filtered by titles, eliminating irrelevant publications. Secondly, the abstracts were examined. Finally, thirdly, the articles were screened according to the entire reading of each article to confirm the eligibility of the studies. And duplicate articles were highlighted.

- **Extraction data:**

From each study, the following information was extracted and put into a table: authors and year of publication, type of study (in-vitro studies), the intraoral scanners used in each study,

number of total digital scans, the light, humidity and temperature conditions, the precision and accuracy in different light and humidity/saliva conditions (in microns).

- **Quality and risk of bias assessment:**

The quality assessment of the articles in terms of risk of bias assessment was done by a single reviewer (MM).

To correctly analyse the quality of the selected In-vitro studies, the modified ARRIVE (Animal research: reporting in invivo experiments) and CONSORT (Consolidated reporting of trials) scales were used. They were assessed about the correct conduct and structure of title, abstract, introduction, methods, results, discussion, and conclusions (8).

- **Data synthesis:**

With the aim of summarizing and compare the different outcome variables between the various studies, the values obtained were grouped in tables according to the variables and the intraoral scans used. The values were then compared to establish the best results obtained in each study.

Results:

- **Study selection:**

A total of 328 articles were obtained from the initial electronic search: Medline - PubMed (n=141), SCOPUS (n=93) and Web of Science (n=93). In addition, 1 more article was added by handsearching. A total of 296 eligible publications were selected for title and abstract assessment. Then, 27 publications were selected for full-text evaluation. Eight articles met the inclusion criteria and were then eligible for inclusion in the present systematic review (Fig 1).

- **Study characteristics:**

In the present systematic review, the eight articles selected were all in-vitro studies (6,9-15). The following intraoral scanners were mainly used: TRIOS 3 (11,13-15), CEREC Omnicam, iTero Element, CS 3600, Planmeca and Primescan. In addition, light conditions were between 0 lux

and 11,000 lux, and for humidity/saliva conditions, they were with or without artificial saliva (Table 1). A total of 1850 digital scans were treated. Five articles (6,9,11,13,14) were studied in order to study precision and accuracy as a function of light conditions and three articles (10,12,15) were studied in order to study precision and accuracy as a function of humidity and saliva conditions.

- **Risk of bias:**

The in-vitro studies included in this review (6,9-15) were evaluated according to the modified ARRIVE and CONSORT scale (8) (Table 2).

- **Synthesis of results:**

Accuracy and precision under light conditions:

In relation to the accuracy and precision of different intraoral scanners, five studies provided data as a function of various light conditions (6,9,11,13,14) (Table 3). Considering the means and standard deviation of the accuracy and precision of each study, it was found that the performance was best in the 1000 lux and 1003 lux conditions (9,11,13,14), apart from the study by Jivanescu et al (6), which established that 3300 lux presented the best level of accuracy with respect to the reference data, with the deviation being the lowest of all groups. In terms of accuracy, the best accuracy values were obtained in the 3300 lux conditions with a value of 16.62 μm , closely followed with almost similar values by 3800 lux and 1000 lux (6). For the iTero Element scanner, the best levels of accuracy were found with an average of 191.85 μm and accuracy with an average of 71.97 μm in 1003 lux conditions. For the Cerec Omnicam scanner, the best levels of accuracy were found with a mean of 279.79 μm and accuracy with a mean of 247.06 μm in 0 lux conditions (13). For the TRIOS 3 scanner, the best results were found in conditions ranging from 1000 lux to 1003 lux, where an accuracy of 203.86 μm (13), 40.04 μm (11) and an accuracy of 94.31 μm (13), 2.33 μm (14) and 26.33 μm (11) were found. The Primescan scanner performed best in 1000 lux conditions with an average of 97.4 μm for precision and an average of 69.5 μm for accuracy (9). As for the Planmeca scanner, the best results were obtained in 3300 lux conditions with an average of 16.62 μm for accuracy and in 10,000 lux conditions with an average of 35.2 μm for accuracy. The smallest results obtained were those with the highest precision or accuracy of the intraoral scans.

Accuracy and precision in humid conditions:

Regarding the accuracy and precision of different intraoral scanners, three studies provided data as a function of various humidity/saliva conditions (10,12,15) (Table 4). The results obtained in the two studies studied revealed that accuracy and precision are less affected when there are no humidity and saliva conditions, i.e. in a dry place or in a place with the lowest possible humidity percentage. The TRIOS 3 scanner showed its best accuracy values in dry conditions with an average of 55.920 μm (12) and 108.78 μm (10). In terms of accuracy, it also achieved its best results in dry conditions with an average of 14.1916 μm (12) and 76.82 μm (10). And it obtained a mean of 41.4 μm (15) for accuracy and a mean of 37.9 μm for precision in conditions of 50% relative humidity, i.e. in the lowest humidity condition measured in the study by Agustín-Panadero et al. And the second best result obtained was in the 70% relative humidity condition with a mean of 46.7 μm for accuracy and 40.7 μm for precision (15). For the CS 3600 scanner, a better accuracy value was obtained without saliva conditions, with an average of 46.580 μm (12). As for the Cerec Omnicam scanner, it showed a lower overall accuracy both in the absence and presence of saliva, but obtained its best accuracy value without saliva conditions, with a mean of 63.065 μm (12). Finally, the Primescan scanner, obtained the best results in dry condition with a mean of 41.83 μm for precision and a mean of 19.93 μm for accuracy (10).

Discussion:

The present systematic review provides scientific evidence-based information on the results obtained for accuracy and precision analysed in different light and humidity conditions during dental scanning.

Accuracy and precision in light conditions:

The results of this systematic review indicate that most experts agree that lighting conditions have a significant effect on the precision and accuracy of intraoral scans. Except for the study by Jivanescu et al (6), which concluded that the impact on accuracy was low. Furthermore, the different results obtained indicate that the optimal brightness condition for most of the intraoral scanners studied, in terms of accuracy and precision, is between 1000 and 1003 lux

(9,11,13,14). The results obtained in the study by Wesemann et al. (16) are also in agreement with those of the article by Revilla-León et al. (13) for TRIOS and Cerec Omnicam scanners. The best results obtained for Cerec Omnicam were at 0 lux (13) and 100 lux (16) while TRIOS performed generally well at 500, 1003 and 10,000 lux with its best results at 1003 lux (13) and was only slightly affected in the Wesemann et al. study (16). In summary, the results of this study compared to other scientific articles are controversial. We note that the values obtained are around 1000 lux depending on the conditions analysed. We also note that this varies greatly depending on the brand of scanner used, and then on the mesh quality of each intraoral scanner (17). On the other hand, the iTero and TRIOS scanners have confocal imaging. And Cerec Omnicam is equipped with a triangulation technique. The authors (13) state that depending on the imaging and scanning technique used by the intraoral scanner, in this case confocal imaging, there are differences in precision and accuracy. These differences in imaging techniques may explain the differences observed in the articles included in our systematic review.

We recommend following the manufacturer's instructions.

Accuracy and precision in humidity and saliva conditions:

In previous research on the accuracy of intraoral scanners, it was indicated that saliva, blood, gingival crevicular fluid and high humidity in the mouth could affect the accuracy of scanning results. To reduce scanning errors, some authors recommend using compressed air for drying before taking the impression with the intraoral scanner (10). The results of this systematic review, based on three scientific articles (10,12,15), revealed that high humidity and saliva conditions greatly affect the results obtained when taking digital impressions. Indeed, it was found that humidity levels of 50-70% will produce more accurate digital impressions, while humidity levels of 80-90% will reduce quality and accuracy (15). Camci et al. (18) studied two humidity conditions, with and without saliva isolation combined with different light conditions. The results of this study confirm our findings, as the authors deduced that environmental factors influence the accuracy of intraoral scanning, with the TRIOS scanner. It is advisable to properly control the saliva flow during impression taking with an intraoral scanner, as this can have a major impact on the reproduction or subsequent work. This is confirmed by the study by Gómez-Polo et al. (19), who studied how humidity could affect the accuracy and precision of intraoral scanning in a fully edentulous arch with implants. The

results obtained were that the presence of saliva clearly worsened the accuracy and precision during the digital impression.

Despite the limitations, an ambient illumination of 1000 lux is recommended for best results. Although the brand of scanner used should be considered. As for saliva and humidity, the higher the percentage of humidity, the worse the results in terms of precision and accuracy, so a good control of saliva and humidity is recommended when taking a digital impression.

References:

1. Suese K. Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners. *D Mater J.* 2020;39:52–6.
2. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *J Healthc Eng.* 2017;2017:8427595–603.
3. Sacher M, Schulz G, Deyhle H, Jäger K, Müller B. Accuracy of commercial intraoral scanners. *J Med Imaging.* 2021;8:035501–13.
4. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J, et al. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *J Prosthodont Res.* 2020;64:109–13.
5. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: Operator factors. *J Esthet Restor Dent.* 2022;1:230–40.
6. Jivanescu A, Faur AB, Rotar RN. Can Dental Office Lighting Intensity Conditions Influence the Accuracy of Intraoral Scanning? *Scanning.* 2021;2021.
7. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Int J Surg.* 2010;8:336–41.
8. Ramamoorthi M, Bakkar M, Jordan J, Tran SD. Osteogenic Potential of Dental Mesenchymal Stem Cells in Preclinical Studies: A Systematic Review Using Modified ARRIVE and CONSORT Guidelines. *Stem Cells Int.* 2015;2015:378368–95.
9. Piedra-Cascón W, Adhikari RR, Özcan M, Krishnamurthy VR, Revilla-León M, Gallas-Torreira M. Accuracy assessment (trueness and precision) of a confocal based intraoral scanner under twelve different ambient lighting conditions. *J Dent.* 2023;134:104530.

10. Chen Y, Zhai Z, Li H, Yamada S, Matsuoka T, Ono S, et al. Influence of Liquid on the Tooth Surface on the Accuracy of Intraoral Scanners: An In Vitro Study. *J Prosthodont.* 2022;31:59–64.
11. Revilla-León M, Subramanian SG, Att W, Krishnamurthy VR. Analysis of Different Illuminance of the Room Lighting Condition on the Accuracy (Trueness and Precision) of An Intraoral Scanner. *J Prosthodont.* 2021;30:157–62.
12. Rapone B, Palmisano C, Ferrara E, Di Venere D, Albanese G, Corsalini M. The accuracy of three intraoral scanners in the oral environment with and without saliva: A comparative study. *Appl Sci.* 2020;10:1–20.
13. Revilla-León M, Jiang P, Sadeghpour M, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, Özcan M, et al. Intraoral digital scansdPart 1: Influence of ambient scanning light conditions on the accuracy (trueness and precision) of different intraoral scanners. *J Prosthet Dent.* 2020;124:372–8.
14. Koseoglu M, Kahramanoglu E, Akin H. Evaluating the Effect of Ambient and Scanning Lights on the Trueness of the Intraoral Scanner. *J Prosthodont.* 2021;30:811–6.
15. Agustín-Panadero R, Isabel M, Estada C, Alonso Pérez-Barquero J, Zubizarreta-Macho Á, Revilla-León M, et al. Effect of relative humidity on the accuracy, scanning time, and number of photograms of dentate complete arch intraoral digital scans. *J Prosthet Dent.* 2023;3913:00254–60.
16. Wesemann C, Kienbaum H, Thun M, Spies BC, Beuer F, Bumann A. Does ambient light affect the accuracy and scanning time of intraoral scans? *J Prosthet Dent.* 2021;125:924–31.
17. Revilla-León M, Jiang P, Sadeghpour M, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, Özcan M, et al. Intraoral digital scans: Part 2influence of ambient scanning light conditions on the mesh quality of different intraoral scanners. *J Prosthet Dent.* 2019;124:575–80.
18. Camcı H, Salmanpour F. Effect of saliva isolation and intraoral light levels on performance of intraoral scanners. *Am J Orthod and Dentofacial Orthoped.* 2020 Nov 1;158:759–66.
19. Gómez-Polo M, Ortega R, Sallorenzo A, Agustín-Panadero R, Barmak AB, Kois JC, et al. Influence of the surface humidity, implant angulation, and interimplant distance on the accuracy and scanning time of complete-arch implant scans. *J Dent.* 2022;127:104307–15.

Funding: *None declared.*

Conflict of interest: *None declared.*

Table 1. General characteristics of the articles studied.

Author / year	Type of study	Intraoral scanners	Study groups	Nº of total digital scans	Light conditions	Humidity / saliva conditions	Temperature conditions
Revilla-León y cols. 2019 (10)	In-vitro	<p>iTero Element (IOS-1)</p> <p>CEREC Omnicam (IOS-2)</p> <p>TRIOS 3D (IOS-3)</p>	<p>Chair light (10,000 lux = CL), dental chair and no windows.</p> <p>Ambient light (1003 lux = RL), chair light was switched off and only ceiling light was used, no windows or natural light.</p> <p>Natural light (500 lux = NL), a room with natural light was used.</p> <p>Zero light (0 lux = ZL)</p>	N = 120	<p>10.000 lux</p> <p>1003 lux</p> <p>500 lux</p> <p>0 lux</p>	/	Colour temperature = 4100k
Jivanescu y cols. 2021 (12)	In-vitro	Planscan, Planmeca	Intraoral scanner for each lux condition (6 groups)	N = 30	<p>11.000 lux</p> <p>10.000 lux</p> <p>3800 lux</p> <p>3300 lux</p> <p>1000 lux</p> <p>400 lux</p>	/	/
Koseoglu y cols. 2021 (9)	In-vitro	TRIOS 3Shape	<p>RLW: ceiling light (1003 lux) + white mode</p> <p>RLB: Ceiling light + blue mode.</p> <p>ZLW: No light (0 lux) + white mode.</p> <p>ZLB: No light + blue mode.</p>	N = 80	<p>1003 lux</p> <p>0 lux</p>	/	23°C
Revilla-León y cols. 2021 (13)	In-vitro	TRIOS 3Shape	Intraoral scanner for each light condition (10 groups)	N = 1000	Between 1000 lux and 10.000 lux	/	<p>23°C</p> <p>Colour temperature = 4100k</p>
Piedra-Cascón y cols. 2023 (15)	In-vitro	Primescan		N= 120	Between 0 lux and 10.000 lux	/	Colour temperature = 4100k

Rapone y cols. 2020 (11)	In-vitro	CS 3600 TRIOS 3shape CEREC Omnicam	4 samples: 2 lower molars and 1 lower premolar and 1 upper premolar in each humidity condition	N = 240	/	90% With / without saliva	37°C
Chen y cols. 2022 (14)	In-vitro	TRIOS 3shape Primescan	12 groups of 3D models divided according to different intra-oral scans and fluids used in each condition	N = 120	500 ± 20 lux	55 ± 5% Ultrapure water / Artificial saliva Dry condition Dry condition with dryer	25 ± 2°C
Agustín- Panadero y cols. 2023 (16)	In-vitro	TRIOS 3shape	4 groups depending on relative humidity: 50%, 70%, 80% and 90%.	N= 120	1000 lux	50%, 70%, 80% y 90%	36°C

Table 2. Representation of risk of bias

Author/Year	Title	Abstract	Introduction	Introduction	Methods	Methods	Methods	Methods	Results	Discussion	Statement of potential conflicts and disclosure of liability	Publication in a peer-reviewed journal	Risk of bias
Revilla-León y cols. 2019 (10)	1	3	2	1	3	3	3	3	3	1	0	0	=23
Jivanescu y cols. 2021 (12)	1	2	3	2	3	2	2	3	3	1	0	0	=22
Koseoglu y cols. 2021 (9)	1	3	3	2	2	3	3	2	2	2	1	0	=24
Revilla-León y cols. 2021 (13)	1	3	3	2	2	3	3	3	3	2	1	1	=27
Piedra-Cascón y cols. 2023 (15)	1	2	3	2	3	3	3	3	3	2	1	1	= 27
Rapone y cols. 2020 (11)	1	3	3	1	3	3	3	3	3	2	1	0	= 26
Chen y cols. 2022 (14)	1	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	0	=27
Agustín-Panadero y cols. 2023 (16)	1	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	0	=27

Table 3. Descriptive results of accuracy and precision in different light conditions analysed by the studies.

Author.year	Light conditions	iTero Element		CEREC Omnicam		TRIOS 3		Planmeca		Primescan	
		Precision	Accuracy	Precision	Accuracy	Precision	Accuracy	Precision	Accuracy	Precision	Accuracy
Revilla-León y cols. 2019 (10)	10.000 lux	196,16	74,51	438,01	393,10	208,19	130,99	/	/	/	/
	1003 lux	191,85	71,97	384,74	315,93	203,86	94,31	/	/	/	/
	500 lux	321,65	78,50	475,60	370,42	207,70	139,26	/	/	/	/
	0 lux	352,66	88,60	279,79	247,06	216,72	92,22	/	/	/	/
Koseoglu y cols. 2021 (9)	1003 lux + modo blanco	/	/	/	/	/	77,34	/	/	/	/
	1003 lux + modo azul	/	/	/	/	/	72,33	/	/	/	/
	0 lux + modo blanco	/	/	/	/	/	88,49	/	/	/	/
	0 lux + modo blanco	/	/	/	/	/	82,73	/	/	/	/
Revilla-León y cols. 2021 (13)	10.000 lux	/	/	/	/	73,51	39,55	/	/	/	/
	9000 lux	/	/	/	/	68,28	32,17	/	/	/	/
	8000 lux	/	/	/	/	77,37	37,76	/	/	/	/
	7000 lux	/	/	/	/	72,42	34,79	/	/	/	/
	6000 lux	/	/	/	/	83,50	38,67	/	/	/	/
	5000 lux	/	/	/	/	99,94	46,38	/	/	/	/
	4000 lux	/	/	/	/	72,09	39,40	/	/	/	/
3000 lux	/	/	/	/	73,96	36,48	/	/	/	/	

	2000 lux	/	/	/	/	63,06	35,22	/	/	/	/
	1000 lux	/	/	/	/	40,04	26,33	/	/	/	/
Jivanescu y cols. 2021 (12)	11.000 lux	/	/	/	/	/	/	21,60	28,4	/	/
	10.000 lux	/	/	/	/	/	/	17,68	35,2	/	/
	3800 lux	/	/	/	/	/	/	17,04	33,6	/	/
	3300 lux	/	/	/	/	/	/	16,62	33	/	/
	1000 lux	/	/	/	/	/	/	17,14	37,6	/	/
	400 lux	/	/	/	/	/	/	20,39	35,7	/	/
Piedra- Cascón W y cols. 2023 (15)	10.000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	337,6	197,5
	9000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	338,1	195,5
	8000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	318,1	166,5
	7000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	330,7	195,7
	6000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	463,9	304,5
	5000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	466,9	308,8
	4000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	473,3	309
	3000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	452	293,3
	2000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	468,8	315,1
	1000 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	97,4	69,5
	500 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	482,5	322,6
	0 lux	/	/	/	/	/	/	/	/	488	335,5

Table 4. Descriptive results of accuracy and precision in wet / saliva conditions analysed by the studies.

Humidity conditions		TRIOS 3		CEREC Omnicam		CS 3600		Primescan	
		Precision	Accuracy	Precision	Accuracy	Precision	Accuracy	Precision	Accuracy
Rapone y cols. 2020 (11)	Sample 1 WITH artificial saliva	287.5800	/	421.9150	/	231.0300	/	/	/
	Sample 2 WITH artificial saliva	279.1650	/	378.1450	/	179.1650	/	/	/
	Sample 3 WITH artificial saliva	256.4850	/	431.9700	/	167.6150	/	/	/
	Sample 4 WITH artificial saliva	371.2250	/	505.0450	/	329.2050	/	/	/
	Sample 1 without saliva	66.9100	/	98.8250	/	52.5100	/	/	/
	Sample 2 without saliva	72.9950	/	97.8000	/	61.8550	/	/	/
	Sample 3 without saliva	75.5550	/	63.0650	/	46.5800	/	/	/
	Sample 4 without saliva	55.9200	/	89.2950	/	53.6350	/	/	/
Chen y cols. 2022 (14)	Ultrapure water	88.13	152.04	/	/	/	/	74.13	139.75
	Dry ultrapure water	78.37	109.79	/	/	/	/	41.83	106.06
	Ultrapure water dried with hairdryer	79.36	124.27	/	/	/	/	57.52	19.93
	Artificial saliva	85.06	166.94	/	/	/	/	78.96	145.01
	Dried artificial saliva	77.70	108.78	/	/	/	/	42.64	103.37
	Artificial saliva dried with hairdryer	76.82	127.98	/	/	/	/	62.68	124.80
Agustín-Panadero y cols 2023 (16)	50% relative humidity	37,9	41,4	/	/	/	/	/	/
	70% relative humidity	40,7	46,7	/	/	/	/	/	/
	80% relative humidity	72,0	74,4	/	/	/	/	/	/
	90% relative humidity	88,9	84,3	/	/	/	/	/	/

Fig 1. Search flow diagram and title selection process during the systematic review.

