

TESIS DOCTORAL

**VALIDEZ Y SEGURIDAD DE LAS  
PRUEBAS DIAGNÓSTICAS PARA LA  
CARIES OCULTA DE DENTINA: UN ESTUDIO  
IN VIVO.**

**Autora: Elena Guerrero Belizón**

Directores:

Camilo Ábalos Labruzzo  
Antonio Chaparro Heredia

Departamento de Estomatología  
Facultad de Odontología. Universidad de Sevilla

Julio 2011



# CERTIFICADO



## **AGRADECIMIENTOS**

Tras este largo tiempo de trabajo y horas de dedicación, me gustaría escribir unas letras para agradecer a aquellas personas que me han ayudado y apoyado en los momentos difíciles, a todos ellos quiero expresar mi agradecimiento:

Especialmente al Dr. Camilo Abalos, agradezco su tutela en este trabajo, ya que se encargó de dirigir y asesorar esta tesis doctoral con cariño y tesón. También, por ofrecerme seguir los pasos de su línea de investigación en el diagnóstico de la caries no cavitada y por compartir conmigo la forma de validar dientes sanos en un estudio “in vivo”.

Al Dr. Antonio Chaparro por brindarme la oportunidad de ser docente. Por su gran experiencia clínica, sus sabios consejos en la dirección y por seguir de cerca nuestros avances en esta investigación. Todo ha sido de gran ayuda.

A la Dra. Amparo Jiménez-Planas por su aportación en la parte estadística y su guía en el manejo del SPSS, fundamental en esta investigación.

A mis compañeros de despacho por su apoyo tan sincero. También a mis amigos, por ser mi desahogo, ya que la parte intelectual no es nada sin la emocional.

Y cómo no agradecer a mi familia el apoyo incondicional, ayudándome a conseguir mis metas e ilusiones. Gracias a mis padres: a mi madre por ser mi luz, a mi padre por ser lo que soy; a mis hermanos por estar conmigo y a mi marido por soportar este tiempo de duro trabajo y estar a mi lado.



A mi princesa



# ÍNDICE

# INDICE

## I. INTRODUCCIÓN

---

A. CARIES DENTAL.....	15
A.1. Caries de Fosas, Surcos Y Fisuras .....	16
A.2. Estadios Iniciales y Diagnóstico Precoz de Caries Oclusal .....	18
B. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS.....	24
B.1. Términos Estadísticos.....	25
B.2. Inspección Visual.....	32
B.3. Inspección Visual y Magnificación .....	36
B.4. Inspección Táctil con Sonda de Caries .....	37
B.5. Exploración Radiográfica .....	39
B.6. Radiografía Digital .....	42
B.7. Transiluminación Por Fibra Óptica (Foti).....	44
B.8. Transiluminación Digital .....	46
B.9. Láserfluorescencia .....	47
B.10. Fluorescencia Inducida Por Luz (QLF).....	54
B.11. Impedancia Eléctrica (ECM).....	56

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

A. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.....	61
B. OBJETIVOS.....	64
C. HIPOTESIS.....	65
D. IMPORTANCIA CLINICA.....	66

## III. MATERIAL Y MÉTODO

---

A. SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	69
A.1. Selección de los pacientes .....	69
A.2. Selección de los dientes .....	70
A.3. Localización de la caries según el área .....	71

B.MÉTODOS DIAGNÓSTICOS.....	74
C.OPERADORES Y RECOGIDA DE DATOS.....	88
D.EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	89

#### **IV. RESULTADOS**

---

A.ESTUDIO DESCRIPTIVO.....	93
B.VALIDEZ Y SEGURIDAD DE LAS PRUEBAS DIAGNOSTICAS CUALITATIVAS Y CUANTITATIVAS .....	104

#### **V. DISCUSIÓN**

---

A.DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	113
B.DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	123

#### **VI. CONCLUSIONES**

---

CONCLUSIONES.....	151
-------------------	-----

#### **VII. RESUMEN**

---

RESUMEN.....	155
--------------	-----

#### **VIII. BIBLIOGRAFÍA**

---

BIBLIOGRAFÍA .....	173
--------------------	-----

#### **IX. ANEXO**

---

COMITE ETICO .....	193
PUBLICACIONES DE ESTA TESIS .....	195



---

# **I. INTRODUCCIÓN**



---

## A. CARIES DENTAL.

A pesar del descenso de la incidencia de caries y de los cambios epidemiológicos de la enfermedad<sup>1,2</sup> acontecidos en los últimos 20 años en los países industrializados<sup>3,4</sup>, no todas las formas clínicas de caries se han visto afectadas por igual, siendo la caries de surcos y fisuras la que mayor prevalencia tiene actualmente<sup>5,6</sup>, ya que el mayor descenso se ha producido en la caries de superficies libres<sup>1,6</sup>.

Desde finales del siglo XIX, sabemos por Miller<sup>7</sup> que la caries dental es una enfermedad de etiología multifactorial causada por microorganismos cariogénicos<sup>8</sup>, por lo que no se puede atribuir a una sólo causa, sino a la interrelación de varios factores y por ello es definida como *“Una enfermedad multifactorial que condiciona la desmineralización de los tejidos duros del diente”*. En términos generales la caries dental continúa siendo un problema importante en la sociedad y está lejos de desaparecer. Al enfrentarnos a la caries es importante conocer sus formas clínicas para el diagnóstico precoz y para poder aplicar los pilares básicos del tratamiento: la prevención, el control y el tratamiento operatorio. En el diagnóstico de la caries no se debe considerar solamente la presencia de la lesión en el diente, existen otros factores como la naturaleza de la flora bucal, los hábitos alimenticios, la composición de la saliva y los hábitos de higiene oral. No obstante, el factor más indicativo de la existencia de la enfermedad es la lesión de caries<sup>9-11</sup>, que no siempre es detectable en los primeros estadios<sup>9,12,13</sup>, por ello vamos a centrarnos en las pruebas diagnósticas existentes para el diagnóstico precoz de la caries no cavitada y en su eficacia.

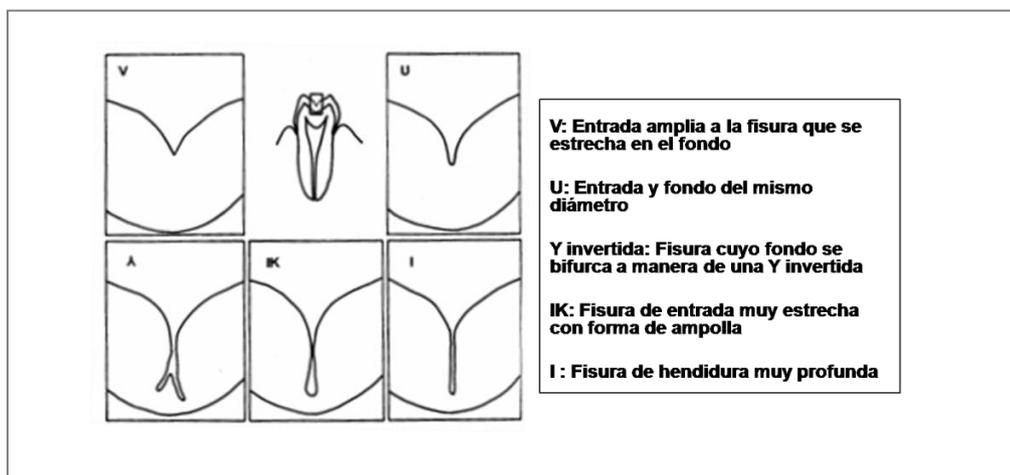
---

### A.1. Caries de Fosas, Surcos Y Fisuras

La forma de presentación de la caries ha cambiado y nos podemos encontrar ante formas clínicas de difícil diagnóstico. La caries de esmalte tarda más en su evolución y esto se debe fundamentalmente a la exposición continuada al flúor, lo que hace que la caries se desarrolle más lentamente, manteniendo la integridad del esmalte durante más tiempo. Encontramos actualmente menos lesiones en las superficies lisas, sobre todo en niños y adolescentes<sup>1,6</sup>, que en las fosas, surcos y fisuras<sup>14</sup>, donde se localizan la mayoría de las lesiones de caries<sup>2,5</sup>. De esta forma, la caries de fosas, surcos y fisuras tiene actualmente una prevalencia alta y permanece no cavitada durante más tiempo.

La caries de fosas, surcos y fisuras suele comenzar a nivel subsuperficial, en las paredes de la fisura. La extensión de la lesión en el esmalte hace que el compromiso dentinario sea mayor y puede condicionar una amplia zona de desmineralización dentinaria -por debajo de un esmalte aparentemente sano. La caries en superficies oclusales puede verse favorecida por la características morfológicas del diente<sup>13,15</sup>, como en el caso de los surcos, fosas y fisuras donde la progresión de la caries puede ser rápida y llegar a la dentina bajo la superficie aparentemente intacta del esmalte, con la consiguiente dificultad diagnóstica. En la figura 1 podemos ver representadas diversos tipos de fosas y fisuras oclusales, favoreciendo las formas abigarradas y profundas la lesión en dentina, pero con una superficie aparentemente sana desde el punto de vista macroscópico<sup>13</sup>. Esta lesión oclusal que se inicia en el fondo de las fisuras y es enmascarada por el tejido sano superpuesto crea la posibilidad de que se encubran caries en dentina, es a esto a lo que debe su nombre la llamada “caries oculta de dentina” (*hidden caries*). Su frecuencia afecta entre el 10% y 50% de los molares permanentes en adolescentes<sup>16-19</sup>.

**FIGURA 1.** Esquema de diversos tipos de fosas o fisuras oclusales<sup>20</sup>



Los estudios de Weerheijm, KL. y col.<sup>16</sup> mostraron en un grupo de jóvenes de 6 a 18 años de edad, que el 15% de sus primeros y segundos molares, diagnosticados como sanos clínicamente, mostraban radiolucidez en la radiografía de aleta de mordida y que estas lesiones ocultas se producían en niños con bajo índice de caries. Además, se aislaron en este tipo de lesiones *Streptococo Mutans*<sup>21</sup> y *Lactobacilus*, observándose una dentina blanda y con un leve cambio de coloración, diagnosticándolas como lesiones activas de caries<sup>16,22</sup>. Debemos tener en cuenta que la radiografía es un medio poco sensible en el diagnóstico de la caries oculta de dentina, por tanto la incidencia de este tipo de caries puede ser aún mayor.

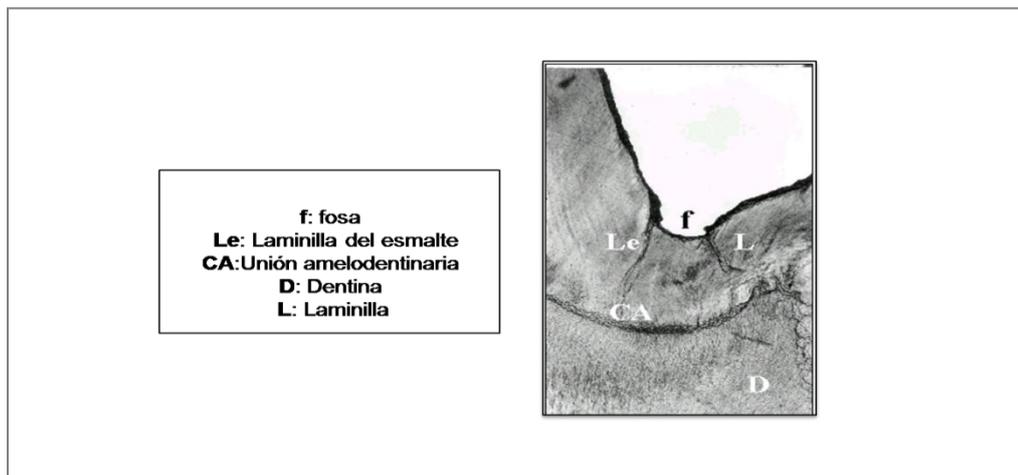
La susceptibilidad de caries en las fosas y fisuras se debe en parte a su morfología (Awazawa, Y. 1969<sup>23</sup>; Köning, K. 1963<sup>24</sup>; Juhl, M. 1983<sup>25</sup>) y a su conexión con las laminillas del esmalte que son consideradas “un camino para la caries” (Ando, T. 1981<sup>26</sup>). Existen diversos estudios referidos a las laminillas del esmalte, desde Bödecker, CF.<sup>27</sup> en 1906 hasta Walcker, BN. y col. en 1998<sup>28</sup> que describen esta vía de progresión de la caries. En 1947 Pincus, P.<sup>29</sup> describe laminillas de esmalte

---

en la base de una fisura oclusal que determina un camino adecuado para que las bacterias aumenten su acceso a la dentina y se inicie caries bajo una superficie aparentemente sana. En la figura 2 podemos observar una laminilla del esmalte que parte desde la superficie de la fosa de la cara oclusal en dirección a la dentina<sup>30</sup>.

**FIGURA 2.** Fotomicrografía a 10 X coloreada de azul de metileno que muestra una fosa oclusal ancha en forma de U<sup>30</sup>

---



## **A.2. Estadios Iniciales y Diagnóstico Precoz de Caries Oclusal**

La progresión de la caries es un proceso dinámico que se caracteriza por alternar periodos de desmineralización y de remineralización en los tejidos duros del diente. Cuando predomina la aposición de minerales el resultado es la detención o enlentecimiento de la lesión y remineralización<sup>31</sup>. Esta transición de lesión activa a

---

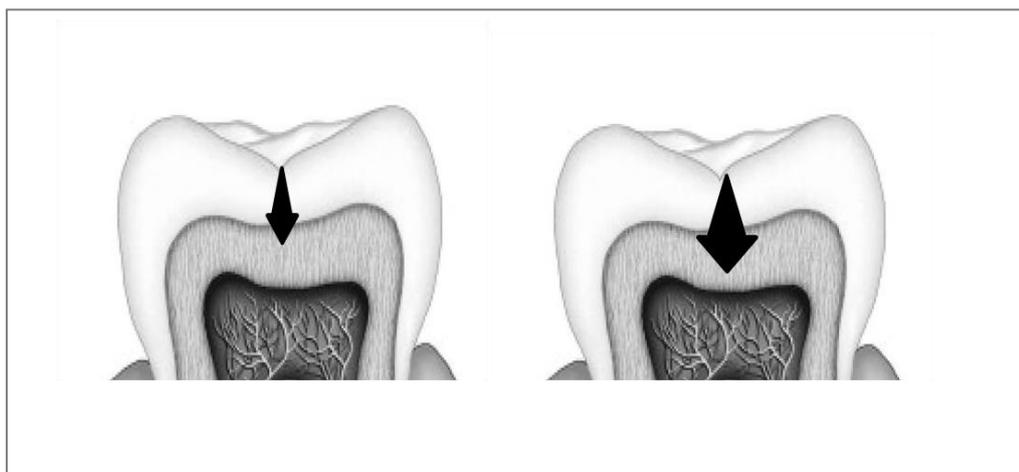
caries detenida o inactiva, se acompaña de cambios en la superficie de la lesión. El aspecto de una caries incipiente activa de esmalte es de color blanquecino, de superficie rugosa y de aspecto opaco. En dentina su aspecto es opaco, pero con decoloración y sobre todo superficie blanda<sup>32</sup>. El único criterio clínico aceptado actualmente para la caries en dentina es una consistencia blanda a la sonda de caries. Sin embargo, en esmalte al transformarse en caries detenida, su superficie cambia a brillante, lisa y dura<sup>33,34</sup>. Estos cambios en la superficie del diente no siempre son claramente distinguibles, sobre todo en el diagnóstico de caries no cavitada<sup>35</sup>.

La lesión de caries incipiente constituye un verdadero problema diagnóstico ya que los signos clásicos de diagnóstico usados durante años, como atrapamiento de la sonda, decoloración del surco, reblandecimiento del esmalte y la exploración radiológica, que han sido usados para el diagnóstico de la caries cavitada, no sirven a la hora de diagnosticar la verdadera presencia de una lesión "in situ" o lesión inicial de caries. Se han elaborado numerosos protocolos intentando obtener un diagnóstico certero de la lesión inicial de caries, donde se correlacionan los signos clínicos válidos para el diagnóstico de la caries cavitada con factores de riesgo como la morfología oclusal, la edad, presencia de gingivitis, índice de placa, presencia de manchas blancas, etc. Sin embargo, en realidad, el factor más importante y concluyente en el que se basan muchos estudios es el juicio clínico mediante Inspección Visual de un observador experimentado, con las limitaciones que ello supone para un correcto diagnóstico como método subjetivo que es.<sup>10,36-38</sup> Ante este hecho, ¿Cómo podemos saber si verdaderamente nos encontramos con una lesión inicial de caries dentinaria cuando aparentemente el diente está sano? o ¿Cómo diagnosticamos algo en profundidad basándonos en la apariencia de la superficie? Por otra parte, ¿Cuándo asumimos la decisión de no abrir la fisura o de abrirla? Si no abrimos, por las características anatómicas del diente puede existir caries en dentina y tener una progresión rápida o por el contrario podemos estar abriendo un diente sano.

---

En superficies proximales sabemos que la caries no puede ser detectada con los métodos convencionales y radiográficos hasta que está relativamente avanzada y envuelve a un tercio o más del grosor del esmalte<sup>11</sup>. En las superficies oclusales, la radiografía es menos sensible a lo que añadimos una complicación más -la lesión oculta de dentina bajo esmalte intacto. En la figura 3 podemos observar el avance de la caries hacia la dentina. Dichas lesiones han sido descritas con una prevalencia de entre un 10 a un 50 % en la población adolescente<sup>13,17-19</sup> y pueden ser diagnosticadas mediante radiografía de aleta de mordida, pero sólo en estadíos tardíos, una vez que han progresado en profundidad y han adquirido un cierto volumen<sup>39</sup>, ya que el diagnóstico de caries de esmalte en estadíos incipientes es muy limitado mediante radiografía<sup>39,40</sup>.

**FIGURA 3.** Avance de la caries de esmalte oclusal



---

En estudios previos, varios autores<sup>37,38,41,42</sup> indican que el porcentaje de lesiones correctamente diagnosticadas por métodos tradicionales de las caries oclusales no cavitadas está entre 20 y el 25%. Estos métodos tienden a ser más específicos que sensibles, lo que puede derivar en diagnósticos con un alto índice de falsos negativos<sup>43-46</sup>. El modelo tradicional de diagnóstico de caries basado en la Inspección Visual, táctil y radiográfica es cualitativo y subjetivo a la interpretación del operador y puede llevar a diferentes diagnósticos de un mismo caso, según el clínico que realice la exploración<sup>36,46,47</sup>. También el diagnóstico por transiluminación o imagen digitalizada depende de la interpretación del operador, mientras que existen otros métodos como la impedancia eléctrica, laserfluorescencia o la radiografía digital que ofrecen los primeros resultados objetivos<sup>36-46</sup>, Sin embargo, la combinación de métodos con alta Sensibilidad con aquellos de alta Especificidad, puede aumentar la capacidad diagnóstica.

Existen diferencias en el diagnóstico entre los profesionales y por tanto en los tratamientos aplicados. Para el clínico la mayor deficiencia en el control de la caries es la falta de métodos que puedan demostrar la extensión de la caries subsuperficial. El objetivo de la odontología moderna debe ir encaminada al tratamiento preventivo de la caries y no a tratamientos invasivos, pero esto es sólo posible si se da la “*restitutio ad integrum*” del tejido afectado<sup>48</sup>. De este modo, los medios diagnósticos deben evolucionar para detectar los primeros signos de desmineralización en el esmalte. Es decir, hacia la detección precoz de la caries, para poder intervenir con terapias no invasivas y con las respectivas medidas preventivas.

Los métodos diagnósticos deberían ayudarnos a clasificar la caries según su profundidad y poder conocer el proceso, desde los estadios iniciales hasta los más avanzados, para tomar una decisión adecuada que lleve al tratamiento correcto. Los estadios de la caries comúnmente empleados por la mayoría de los investigadores son los representados en la tabla 1.

---

**TABLA 1.** Estadios de la Caries Dental

---

<b>D<sub>0</sub>:</b>	ausencia de caries
<b>D<sub>1</sub>:</b>	caries de esmalte superficial limitada a la mitad externa *
<b>D<sub>2</sub>:</b>	caries de esmalte profunda que afecta a la mitad interna
<b>D<sub>3</sub>:</b>	caries superficial de dentina que compromete la mitad externa
<b>D<sub>4</sub>:</b>	caries de dentina profunda que compromete la mitad interna

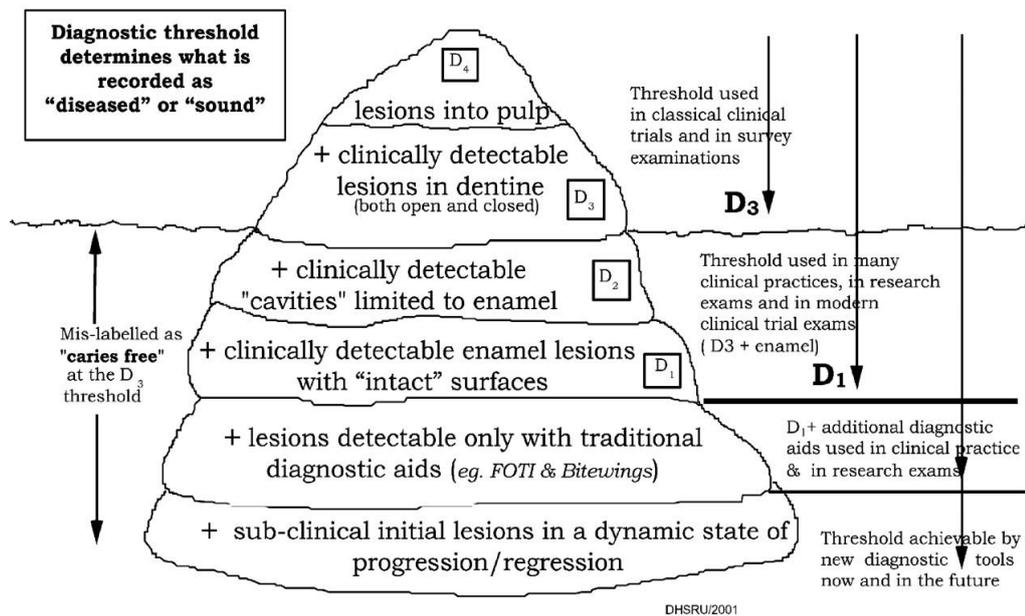
(\*) En algunos casos D1 y D2 no se diferencian.

Una vez que el diagnóstico precoz identifica una lesión confinada al esmalte, la monitorización de caries ocupa un papel relevante en el seguimiento de la lesión. La Inspección Visual es importante en la monitorización de la lesión, si bien otros métodos como la láserfluorescencia pueden ser de gran ayuda para evaluar si ha habido remineralización y sobre todo para controlar la progresión o detención de caries oclusal, tanto en dientes permanentes como deciduos<sup>49</sup>.

Con los métodos actuales puede ser posible diagnosticar la lesión antes de llegar a la cavitación, si bien hacen falta más estudios, sobre todo *in vivo* que perfeccionen las pautas a seguir y los límites de cada método<sup>9</sup>. Se han propuesto diferentes criterios para disminuir la subjetividad, aumentar la Sensibilidad y monitorizar las lesiones de caries en un estadio temprano así como para evaluar la actividad<sup>50</sup>. El iceberg de Pitts<sup>51</sup> representado en la figura 4, ilustra cómo a medida que aumenta la Sensibilidad de un método diagnóstico, se detectan un mayor número de lesiones de caries. Con los métodos diagnósticos que contamos, cuando aumentamos la

Sensibilidad, lo hacemos a expensas de disminuir la Especificidad. Así pues, disponemos de medios muy sensibles o muy específicos. Son necesarios nuevos métodos que identifiquen estas lesiones en un estadio que puedan ser remineralizadas<sup>10</sup>, por ello estamos ante la necesidad de profundizar en el estudio de métodos objetivos que diagnostiquen y monitoricen la progresión de estas lesiones<sup>52,53</sup> y sean capaces de ofrecer un alto rendimiento diagnóstico con una Sensibilidad y Especificidad altas.

FIGURA 4. Iceberg de caries modificado por Pitts<sup>51</sup>



Nota: Hemos mantenido el texto en inglés, con el fin de no alterar el texto original del autor.

---

## **B. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS**

Los métodos convencionales para el diagnóstico clínico: la Inspección Visual, táctil y radiografía, han sido descritos ampliamente y se han usado como rutina durante más de medio siglo y casi sin sufrir cambios. Es decir, mientras que métodos como la transiluminación intraoral por fibra óptica, la radiográfica digital -con la mejora en la calidad de imagen- o el diagnóstico por láser han mejorado e innovado, el método básico para el diagnóstico de la caries ha cambiado poco.

Antes del estudio, tanto de los métodos tradicionales como de los nuevos métodos diagnósticos, creemos necesario recordar algunos conceptos estadísticos que nos informan de la capacidad o rendimiento diagnóstico, exactitud, precisión y reproducibilidad de estas pruebas diagnósticas. Normalmente estos términos son desconocidos para el clínico general y en muchas ocasiones se usan sin saber su significado exacto. Por tanto, creemos que es necesario definir los vocablos estadísticos más usados en este trabajo de investigación, en base a uno de los objetivos de la introducción que es “clarificar el tema.”

Para ello veremos la capacidad o Validez de las pruebas diagnósticas, con dos aspectos: La Sensibilidad y La Especificidad; la Seguridad, determinada por el valor predictivo positivo y valor predictivo negativo y veremos la Reproducibilidad y las curvas ROC.

---

**B.1. Validez, Seguridad, Exactitud, Precisión y Reproducibilidad de una Prueba Diagnóstica.**

a) La **Validez** de una prueba diagnóstica es el grado en el que un test mide lo que necesitamos evaluar y se calcula por su "*Sensibilidad y Especificidad*" para un determinado punto de corte. Llamamos "*punto de corte*" al valor elegido que determina el paso de sano a enfermo. Por ejemplo, podemos establecer que una cifra >90 mgr/100cc significa hiperglucemia, este sería el valor del punto de corte. Este punto de corte marca el umbral de la enfermedad y para este valor de corte se calcula la Sensibilidad y Especificidad de la prueba.

La **Sensibilidad** es la probabilidad de identificar correctamente a un individuo enfermo, la capacidad del test para detectar la enfermedad. La Sensibilidad se conoce también como "fracción de verdaderos positivos (FVP)".

La Sensibilidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Sensibilidad: } \frac{\text{Nº de Verdaderos Positivos (VP)}}{\text{Nº de Verdaderos Positivos (VP) + Nº de Falsos Negativos (FN)}}$$

La **Especificidad** es la probabilidad de identificar correctamente a un individuo sano, la capacidad para detectar la ausencia de enfermedad. También se conoce como "fracción de verdaderos negativos (FVN)".

La Especificidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Sensibilidad: } \frac{\text{Nº de Verdaderos Negativos (VN)}}{\text{Nº de Falsos Positivos (FP) + Nº de Verdaderos Negativos (VN)}}$$

---

Si quisiéramos conocer la Validez de una Prueba en la detección de una determinada enfermedad, la Sensibilidad sería la proporción de pacientes enfermos que han dado positivo en la prueba y la Especificidad la proporción de pacientes sanos que han dado negativo en la prueba.

En general, en las Ciencias de la Salud las pruebas diagnósticas deben ser de alta Especificidad, para evitar falsos positivos. Los test de muy alta Especificidad son necesarios en enfermedades graves sin tratamiento que las pueda curar, cuando exista gran interés por conocer la ausencia de enfermedad o cuando diagnosticar a un paciente de una enfermedad que realmente no padece pueda llevar a graves consecuencias, ya sean físicas, psicológicas o económicas (por ejemplo, en el caso del SIDA). Concretamente en la caries de dentina un falso positivo significaría abrir un diente sano. Sin embargo, un falso negativo significaría dejar evolucionar una caries de dentina que en el caso de revisiones periódicas tiene menos importancia que siguiendo una libre progresión de la enfermedad. La prevalencia juega un papel importante para establecer la importancia de la Sensibilidad frente a la Especificidad de una prueba diagnóstica, debido a que si una enfermedad es poco prevalente, es más importante que la prueba sea específica.

En la tabla 2 se muestra la relación entre el resultado de una prueba diagnóstica y la presencia o no de una enfermedad.

---

**TABLA 2.** Relación entre el resultado de una prueba diagnóstica y la presencia o ausencia de enfermedad

---

Resultado de la prueba	Verdadero diagnóstico	
	Enfermo	Sano
Positivo	Verdaderos Positivos (VP)	Falsos Positivos (FP)
Negativo	Falsos Negativos (FN)	Verdaderos Negativos (VN)

b) La **Seguridad** de una prueba diagnóstica viene determinada por el valor predictivo de un resultado positivo o negativo (VPP o VPN).

El valor predictivo positivo es la probabilidad de padecer la enfermedad si se obtiene un resultado positivo en el test.

El valor predictivo negativo es la probabilidad de que un sujeto con un resultado negativo en la prueba esté realmente sano.

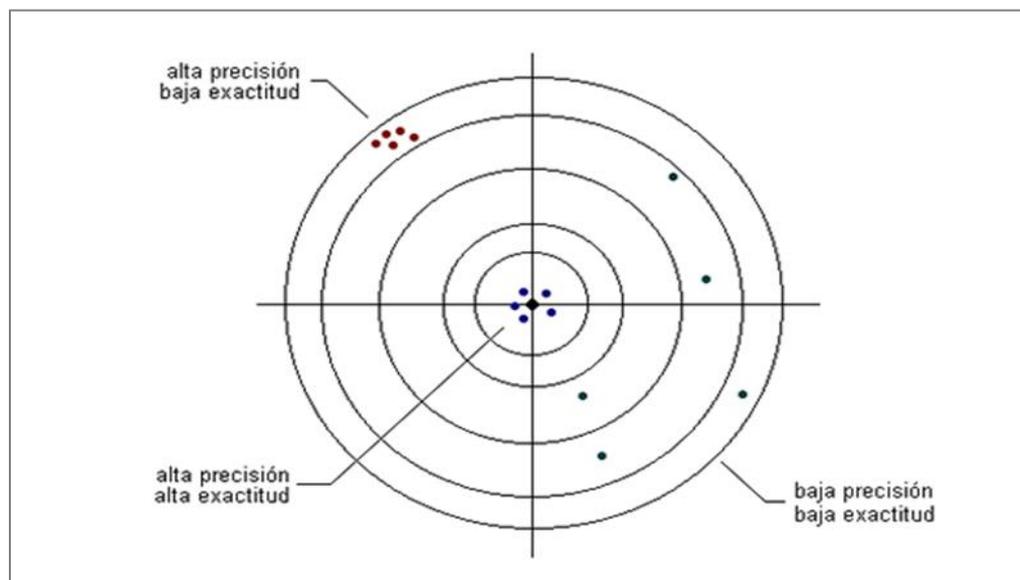
Esta probabilidad está muy influenciada por la prevalencia. Cuando la prevalencia de la enfermedad es baja, un resultado negativo permitirá descartar la enfermedad con mayor seguridad. Por el contrario, un resultado positivo no permitirá confirmar el diagnóstico, dando un bajo valor predictivo positivo.

---

c) La **Exactitud** es la coincidencia con un valor aceptado como referencia. La **Precisión** se refiere a la capacidad de reproducir resultados al repetir mediciones. La figura 5 ilustra la diferencia entre exactitud y precisión:

**FIGURA 5.** Exactitud y Precisión

---



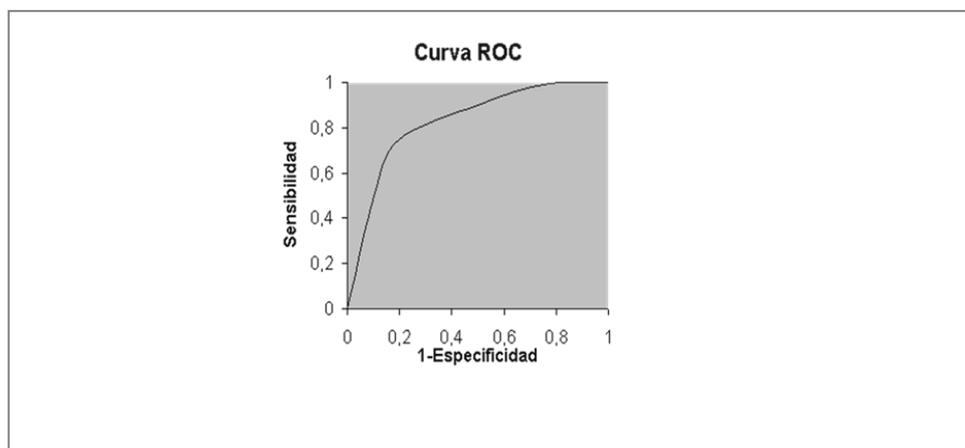
La **Reproductibilidad** es la capacidad del test para ofrecer los mismos resultados cuando se repite su aplicación en circunstancias similares. Es similar a la precisión. Normalmente la reproductibilidad se mide intraoperador e interoperador.

---

d) La **Curva ROC (Receiver Operating Characteristic)** establece la capacidad diagnóstica de una prueba, independientemente de un punto de corte, ya que tiene en cuenta todos los posibles puntos de corte, a diferencia de la Validez. Con las curvas ROC podemos comparar la capacidad diagnóstica de distintos métodos. El área bajo una curva ROC ( $A_z$ ), representa la efectividad diagnóstica de un método y nos sirve para comparar los resultados diagnósticos de distintos métodos en términos más comprensibles que la Sensibilidad y Especificidad. Un valor de 1 representaría una medida perfecta de exactitud del medio diagnóstico, el valor 0,5 significaría nulo valor diagnóstico. En general se considera aceptable si  $A_z \geq 0,80$ , que significaría que tiene una probabilidad del 80% de diagnosticar la presencia de caries. La figura 6 ilustra la representación de una curva ROC. En el eje "Y" se representa la Sensibilidad o la fracción de verdaderos positivos. También se define como la positividad en presencia de una enfermedad y se calcula sólo para el grupo afectado. En el eje "X" está la fracción de falsos positivos o 1-Especificidad (índice de Especificidad y sólo se calcula en el grupo no afectado).

**FIGURA 6.** Curva ROC

---



---

Tras analizar estos términos, encontramos que ante una lesión de caries que ocurre en múltiples localizaciones anatómicas, no es probable que un solo método diagnóstico tenga la Sensibilidad y la Especificidad necesaria para detectar todas las formas clínicas<sup>9</sup>. Los recientes avances tecnológicos han apoyado la exploración mediante nuevas estrategias para la detección de la caries, con un énfasis particular en la detección de caries en estadios tempranos<sup>11</sup>. Numerosos estudios revisan el poder diagnóstico de diferentes pruebas diagnósticas<sup>48,53-60,63</sup> junto con los problemas inherentes a la detección de la caries oclusal.

Según Tranaeus<sup>61</sup> para que una prueba diagnóstica tenga valor clínico, debería tener una Sensibilidad y Especificidad mayor de 0,80, pero un valor elevado en la Sensibilidad puede estar relacionado con un número mayor de falsos positivos y esto a su vez está en relación con una baja Especificidad, que tiene mayor relevancia en situaciones de prevalencia baja de caries, que por otra parte es frecuente en los países industrializados.

Los medios con los que contamos actualmente para el diagnóstico de la caries oclusal no cavitada de surcos y fisuras son variados, en cuanto a su método y su capacidad diagnóstica. Según su uso por el clínico: “*los más comunes*” son la Inspección Visual (IV) y la IV con Magnificación (IVM), la Sonda de Caries (S), la radiografía convencional (Rx) y la radiografía digital (RxD). “*Menos comunes*”, aunque al alcance del clínico, son la transiluminación por Fibra Optica (FOTI y DiFOTI) y la laserfluorescencia (LF). Por último, denominamos como “*inusuales o experimentales*” a aquellos medios diagnósticos que actualmente no se aplican generalmente en la clínica o están en fase de experimentación, restringiéndose su uso a la investigación. Estos últimos, incluyen a los que miden la capacidad de conducción eléctrica del tejido, basados en que existe una disminución de la resistencia eléctrica o impedancia del

---

tejido cariado<sup>10</sup>, como el *Electronic Caries Monitor* (ECM); Otros métodos están basados en la fluorescencia visible inducida por luz (QLF) que utiliza dos tipos de fluorescencia y proporciona imágenes que se pueden almacenar para su posterior comparación, siendo capaz de determinar si la lesión es activa o no. Dentro de los puramente experimentales, citamos a la tomografía de coherencia óptica (OCT), que muestra imágenes cerca del infrarrojo llegando a detectar caries de esmalte incipientes en estudios *in vitro*<sup>62</sup>.

Los medios diagnósticos que están al alcance del clínico (IV, IVM, S, Rx, RxD) muestran diferente capacidad para el diagnóstico de la caries oculta de dentina. La Especificidad de los métodos convencionales es alta, sin embargo la Sensibilidad muestra valores inferiores para el diagnóstico de este tipo de caries<sup>63</sup>. Así, algunas caries que han invadido dentina pueden pasar desapercibidas debido a la existencia de falsos negativos. Además, la capacidad diagnóstica de la Inspección Visual e IVM dependen de la experiencia del operador. La alta Especificidad y a la baja Sensibilidad de estos métodos de diagnóstico tradicionales<sup>12,36,48,56,63-65</sup> hacen que la investigación se centre en depurar estas pruebas diagnósticas y en el estudio de nuevas tecnologías. En el caso de la laserfluorescencia, los estudios demuestran una alta Sensibilidad, pero una menor Especificidad<sup>49,57-59,63,65,66</sup>. En algunos estudios, la alta Especificidad puede deberse a la eliminación de la muestra de los dientes con fisuras teñidas<sup>67</sup>. Una Especificidad baja a nivel D<sub>1</sub> (sano /caries de esmalte) tiene menos importancia que a nivel D<sub>3</sub> (caries de esmalte / caries de dentina), donde la proporción de falsos positivos puede ser peligrosa y es preferible una técnica con alta Especificidad<sup>68</sup>, dado que a este nivel la decisión es la de abrir la fisura. A nivel D<sub>3</sub> y en poblaciones con una baja prevalencia de caries es más importante aún que la prueba diagnóstica tenga una Especificidad alta<sup>67,69</sup>.

---

## B.2. Inspección Visual

La Inspección Visual es el método diagnóstico en el que normalmente se basan los clínicos para indicar la apertura de fisuras por caries. Este método tiene una larga historia, sin embargo es subjetivo y depende de la experiencia del profesional<sup>10,12,64</sup>. Su baja Sensibilidad se explica porque no podemos ver qué hay bajo un esmalte que aparentemente está sano. Se realiza con el paciente sentado en posición horizontal y ayudados por una buena iluminación, un espejo y una jeringa de triple función. Los dientes deben estar bien limpios y secos. Durante el exámen, al secar el diente se disminuye el índice de refracción de los espacios interprismáticos (de 1.33 en superficies desmineralizadas húmedas a 1.0 en superficies desmineralizadas secas), lo que hace visible claramente el aspecto opaco de la demineralización del esmalte<sup>13,70</sup>.

El diagnóstico de una lesión cavitada no presenta dificultad, es en la llamada caries oculta de dentina donde empiezan nuestras dudas, seguida por la incapacidad de determinar si una fisura oscura presenta caries subyacente o corresponde a una tinción superficial. La caries de surcos, fosas y fisuras en su inicio es una mancha lechosa o parduzca que indica la desmineralización en las paredes del esmalte. Esto lleva a la opacidad del esmalte alrededor de dicha fisura. Puede llegar a verse decoloración a través del esmalte con defectos en el fondo de la fosa, lo cual confirmaría el diagnóstico de caries de dentina no cavitada. Por ello, la inspección clínica depende de la evaluación de los cambios en la translucidez del esmalte, la pérdida de brillo, el aspecto opaco e integridad de la fisura<sup>50,71</sup>. También podemos evaluar las pigmentaciones, la existencia o no de tejido blando o cambios en la textura del esmalte, según el grado de desmineralización, y según algunos autores<sup>71</sup>, determinar si nos encontramos ante una lesión de caries activa o inactiva. Por tanto, el

cambio de coloración del diente, la presencia de placa bacteriana, la morfología de las caras oclusales, deben ser parámetros a tener en cuenta en nuestra exploración.

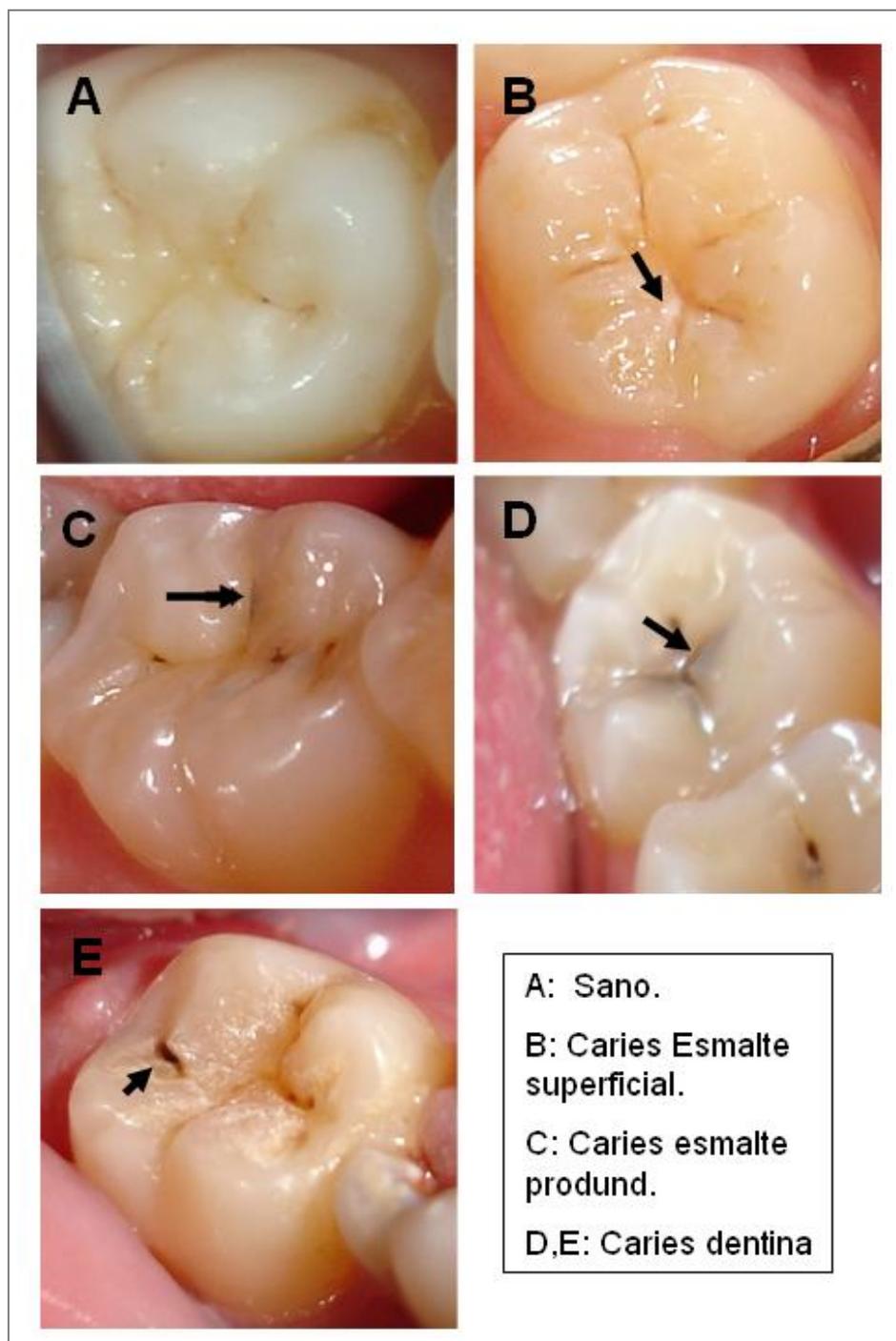
La evaluación debe hacerse siguiendo un método o criterio de clasificación, como el establecido por los estudios de Thylstrup, A. en 1994<sup>71</sup>, clasificado posteriormente por Ekstrand en 1997<sup>50</sup> y modificado en 1998<sup>72</sup>. Para el diagnóstico óptimo de la Inspección Visual debemos secar durante al menos 5 segundos la superficie dentaria limpia y observarla detenidamente. Los datos se recogen en base a los criterios establecidos por los autores anteriormente citados, aunque estudios realizados por Nyvad, B. (1999)<sup>33</sup>, Warren, J.J. (2002)<sup>73</sup>, Zanardo, A. (2003)<sup>74</sup> o Tranaeus, S. y col. (2004)<sup>53</sup> entre otros, también aportan hallazgos obtenidos visualmente con el estadio de la caries analizado histológicamente. En la bibliografía hemos podido comprobar cómo la mayoría de los estudios se basan en los criterios establecidos por Ekstrand<sup>58,59,65,75</sup>, (tabla 3, figura 7), o por los criterios modificados por el mismo autor<sup>53</sup>, para mejorar la capacidad diagnóstica de la Inspección Visual.

**TABLA 3.** Criterios de Ekstrand para la IV y su correlación con el estadio de la caries<sup>50</sup>

0:	Sin cambios o pequeño cambio en esmalte tras secado de > 5 s	D <sub>0</sub>
1:	Opacidad o decoloración difícil de ver en esmalte húmedo, pero sí tras el secado	D <sub>1</sub>
2:	Opacidad o decoloración en esmalte perfectamente visible sin secar	D <sub>2</sub>
3:	Fisura localizada en esmalte opaco o decolorado y/o decoloración grisácea de la dentina subyacente.	D <sub>3</sub>
4:	Cavitación en esmalte opaco o decolorado exponiendo dentina	D <sub>4</sub>

D<sub>0</sub> = Sano; D<sub>1</sub>= Caries esmalte superficial; D<sub>2</sub>= Caries esmalte profunda; D<sub>3</sub>=Caries Dentina superficial; D<sub>4</sub>= Caries dentina profunda

**FIGURA 7.** Imágenes representativas de los valores de la escala de Ekstrand para la Inspección Visual en el diagnóstico de la caries de superficies oclusales. **A:** valor 0; **B:** valor 1; **C:** valor 2; **D:** valor 3; **E:** Valor 4<sup>50</sup>



En la literatura existen numerosos estudios *in vitro* en los que se comparan los distintos métodos diagnósticos, sin embargo los estudios *in vivo* son escasos. La Sensibilidad que presenta la Inspección Visual es variable según los artículos revisados. Encontramos valores que oscilan entre 0,12 y 0,97. Los valores de Especificidad varían entre 0,41 y 1 como podemos observar en la tabla 4. La mayoría de los estudios determinan que el examen visual presenta una Baja Sensibilidad y una Alta Especificidad en el diagnóstico de caries oclusales no cavitadas<sup>9,13,42,63-65,75-78</sup>. Algunos autores<sup>50,65,79,80</sup> han obtenido valores altos de Sensibilidad gracias a la aplicación de los criterios de Ekstrand o por la eliminación de parte de la muestra del estudio, bien por no poderla validar o por presentar fisuras teñidas.

**TABLA 4.** Datos de Sensibilidad y Especificidad para la Inspección Visual

INSPECCIÓN VISUAL SUPERFICIE OCLUSAL				
AUTOR	NIVEL	ESTUDIO	SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD
Alwas-Danowska 2002 <sup>83</sup>	dentina	in vitro	0,40 / 0,60	0,94 / 0,98
Lussi 1993 <sup>41</sup>	dentina	in vitro	0,12	0,93
Ricketts 1995 <sup>84</sup>	dentina	in vitro	0,63	0,97
Tranæus 2005 <sup>9</sup>	dentina	in vitro	0,92 - 0,97	0,85 -0,93
Reis 2006 <sup>65</sup>	dentina	in vitro	0,69	0,88
Ashley 1998 <sup>85</sup>	esmalte	in vivo	0,60	0,73
Reis 2006 <sup>65</sup>	dentina	in vivo	0,75 / 0,72	0,58 / 0,84
Angnes 2005 <sup>58</sup>	dentina	in vivo	0,75 / 0,68	0,84 / 0,81
Costa 2008 <sup>86</sup>	dentina	in vivo	0,50	0,95

---

Respecto al índice kappa (k) o de concordancia, aplicado a la reproductibilidad interexaminador, los resultados obtenidos varían desde una concordancia substancial  $>0,61$ <sup>58,86</sup> a casi una concordancia perfecta  $>0,81$ <sup>55</sup>. Respecto a los valores de kappa para la reproductibilidad intraexaminador, según algunos estudios<sup>37,57,67,81,86,104</sup>, observamos valores en un intervalo entre  $>0,41$  (concordancia moderada) a  $>0,81$  (concordancia casi perfecta). Esta escala fue establecida por Landis y Koch<sup>82</sup>, que clasificaron valores  $< 0$  indicando ninguna concordancia,  $0-0,20$  como insignificante o leve,  $0,21-0,40$  como discreta,  $0,41-0,60$  como moderado  $0,61-0,80$  como substancial y  $0,81-1$  como concordancia casi perfecta.

### **B.3. Inspección Visual y Magnificación**

En relación al examen visual, las investigaciones actuales se centran en mejorar esta técnica<sup>72,87</sup>. Para ello se recomienda el uso de la magnificación mediante el empleo de unos binoculares. A través de ellos se realiza la exploración visual de igual forma que se hace sin magnificación, observando la morfología de las caras oclusales, cambio de coloración en el diente, presencia de placa bacteriana, etc.

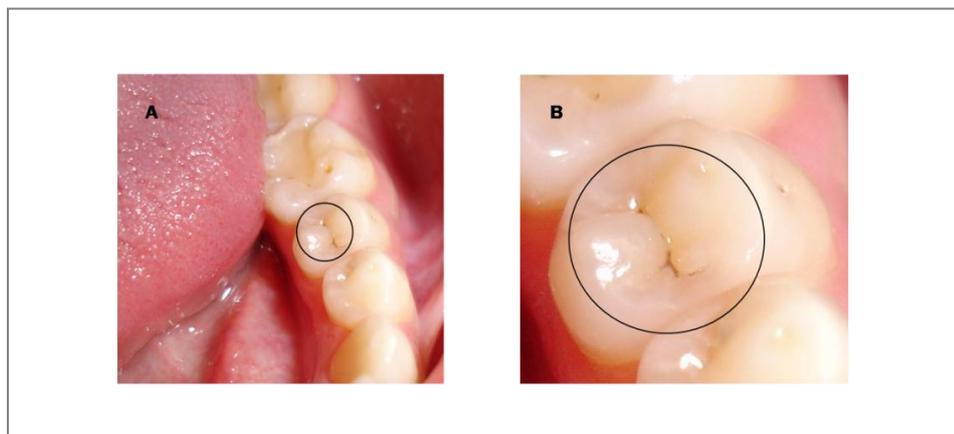
Diversos estudios han empleado la Inspección Visual con Magnificación como método diagnóstico y lo han comparado con la Inspección Visual convencional y con otros métodos de diagnósticos de caries<sup>37,41,87</sup>. Estos estudios muestran una Sensibilidad y Especificidad para la Magnificación más alta, pero no con una diferencia estadísticamente significativa. De igual forma que para la Inspección Visual convencional, los datos de Sensibilidad son muy variados y pueden ser tan bajos como de  $0.20$ <sup>41</sup>. Sin embargo, la Especificidad es alta en la mayoría de los estudios.

---

En la figura 8 observamos la superficie oclusal de un segundo premolar inferior con y sin Magnificación, podemos ver como los criterios de Ekstrand<sup>50</sup> son más fácilmente aplicables con el uso de la Magnificación.

**FIGURA 8.** Inspección Visual de la superficie oclusal de un segundo premolar de forma tradicional y con Magnificación a 2.5 x.

---



**A:** Inspección visual tradicional. **B:** Inspección visual con magnificación.

#### **B.4. Inspección Táctil con Sonda de Caries**

Hasta hace poco la exploración con sonda formaba parte de nuestra rutina en el diagnóstico de la caries oclusal. El atrapamiento de la sonda en la anatomía de surcos y fisuras nos fundamentaba el diagnóstico de sospecha. Algunos profesionales siguen utilizando este método, a pesar de que su uso no está indicado en la actualidad.

La sonda de exploración ha sido empleada como método diagnóstico en múltiples estudios<sup>37,43,78,87,88</sup>. Sin embargo, para la detección de caries oclusales la sonda de exploración tan sólo presenta entre 0.5 y 0.6 de Sensibilidad<sup>89</sup>, aunque

---

presenta valores altos de Especificidad<sup>36,90</sup>. No siempre la punta de una sonda es capaz de llegar al fondo de las fisuras debido a su grosor. El tamaño de la punta, varía según el fabricante como podemos observar en la figura 9. La falta de normalización de la punta del instrumento puede pasar por alto algunas caries y dañar las fisuras<sup>41,63</sup>. Así, varios estudios<sup>37,48,55,48,89,91</sup> han demostrado que un explorador puntiagudo puede causar daño en dientes recién erupcionados o crear una cavidad en una zona desmineralizada, por lo que su uso ha sido muy discutido durante años. Además, el empleo de la sonda puede transmitir *Streptococcus mutans* de una fisura contaminada a una fisura sana<sup>92</sup>. Por otra parte, su uso no mejora el rendimiento diagnóstico en conjunción con la Inspección Visual para el diagnóstico de las lesiones de caries de fosas y fisuras<sup>37,41,56,64</sup>. Por tanto, el empleo de un explorador de punta redondeada o una sonda periodontal sólo estaría justificado para eliminar restos en la fisura antes del examen clínico y para, sin realizar presión, comprobar la textura de la superficie sin penetrarla<sup>12,35,49,89,93</sup>. En el resto de los casos su uso está contraindicado.

**FIGURA 9.** Diferentes tipos y grosores de sonda de exploración de caries

---



---

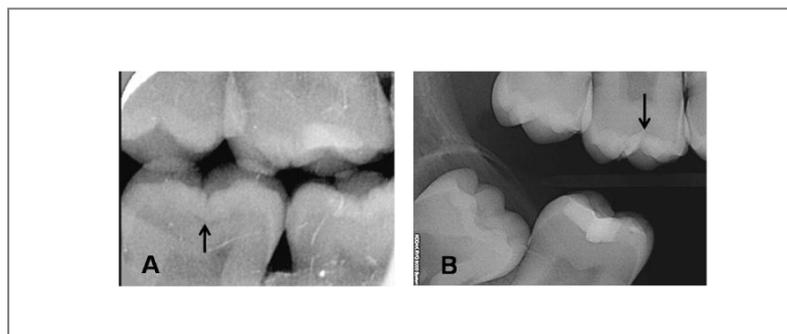
## B.5. Exploración Radiográfica

El uso de la radiografía para la detección de caries tiene una larga historia y es aún un método muy utilizado por muchos profesionales. La radiografía de aleta de mordida es útil en el diagnóstico de caries de esmalte y dentina de superficies proximales e incluso en la caries de dentina oclusal<sup>9,40,94</sup>.

Cuando histológicamente la lesión de caries de superficie proximal afecta a la mitad del espesor del esmalte, normalmente no se puede detectar la lesión por radiografía<sup>13,64,84</sup>. Desde el punto de vista histológico la lesión está más avanzada que la apariencia radiográfica, por lo que no se recomienda para el diagnóstico de caries inicial de esmalte<sup>95,96</sup>, aunque sí permite detectar lesiones más avanzadas, ya que a nivel oclusal el registro en radiografía es de un espesor de diente superior a la zona proximal y las lesiones quedan enmascaradas por el tejido sano durante más tiempo<sup>40,97</sup>. En la figura 10 observamos caries en dentina con superficie oclusal no cavitada.

Es un método diagnóstico muy empleado en la mayoría de los estudios revisados<sup>40,43,63,76,79,81,86,88,90,98</sup>, tanto *in vivo* como *in vitro*. Esta prueba diagnóstica muestra valores de Sensibilidad medios-bajos, junto con valores altos de Especificidad<sup>42,58,63,75,76,99</sup> (tabla 5). La validez diagnóstica de la prueba es menor que con pruebas como la laserfluorescencia o la Inspección Visual convencional en la detección de caries oclusal. Sin embargo, el Valor Predictivo Positivo de padecer la enfermedad es muy alto pudiendo alcanzar en diversos estudios entre el 95-98% para caries oculta de dentina<sup>37,64,94,100</sup>. Es decir, si no vemos lesión no podemos asegurar que no la haya; pero si la vemos, casi con toda seguridad existe.

**FIGURA 10.** Caries oculta de dentina diagnosticada con radiografías de aleta de mordida



- A.** Lesión incipiente de caries en segundo molar inferior.
- B.** Caries de dentina superficial en primer molar superior.

**TABLA 5.** Sensibilidad y Especificidad de la Rx en el diagnóstico de la caries oculta de dentina

INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA SUPERFICIE OCLUSAL				
AUTOR	NIVEL	ESTUDIO	SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD
Ashley 1998 <sup>85</sup>	esmalte	in vitro	0,19	0,80
Wenzel 1990 <sup>101</sup>	esmalte	in vitro	0,44	0,70
Ricketts 1997 <sup>99</sup>	dentina	in vitro	0,14	0,95
Wenzel 1991 <sup>42</sup>	dentina	in vitro	0,63	0,85
Ashley 1998 <sup>85</sup>	dentina	in vitro	0,24	0,89
Wenzel 1992 <sup>40</sup>	dentina	in vitro	0,48	0,81
Lussi 1993 <sup>41</sup>	dentina	in vitro	0,45	0,83
Lussi 2001 <sup>63</sup>	dentina	in vivo	0,63	0,99
Heinrich 2002 <sup>76</sup>	dentina	in vivo	0,70	0,96
Angnes 2005 <sup>58</sup>	dentina	in vivo	0,0 - 0,06	0,98 - 0,96
Costa 2008 <sup>86</sup>	dentina	in vivo	0,26	0,94

Respecto a la reproductibilidad interexaminador los resultados son variados y van desde valores kappa de 0,39, fuerza de concordancia débil, a 0,95, concordancia casi perfecta. En diferentes estudios, encontramos cifras de 0,39<sup>102</sup>, 0,629<sup>58</sup>, 0,71<sup>86</sup>, 0,79<sup>103</sup>, ó 0,95<sup>104</sup>, aunque en la mayoría de los estudios esta correlación es substancial (0,61-0,80).

La interpretación radiográfica de la caries oclusal de dentina puede seguir diferentes criterios, según los autores consultados, como los de Pitts<sup>105</sup> o los establecidos por Astvaldstóttir, Tranaeus y Holbrook<sup>53</sup>. A continuación describimos los criterios de Ekstrand (tabla 6), que son los más referidos en la literatura y los que seguiremos en esta investigación.

**TABLA 6.** Criterios radiográficos de extensión de la lesión de caries oclusal<sup>50</sup>

R0:	No se observa RL
R1:	RL visible en esmalte
R2:	RL visible en el tercio externo de dentina
R3:	RL visible en el tercio medio de la dentina
R4:	RL visible en el tercio interno de la dentina

RL: Radio lucidez.

La radiografía de aleta se puede considerar un buen complemento en el diagnóstico clínico de la caries oclusal frente a al alto porcentaje de lesiones clínicas no detectadas por Inspección Visual<sup>104</sup>, sobre todo en adolescentes donde hay mayor

---

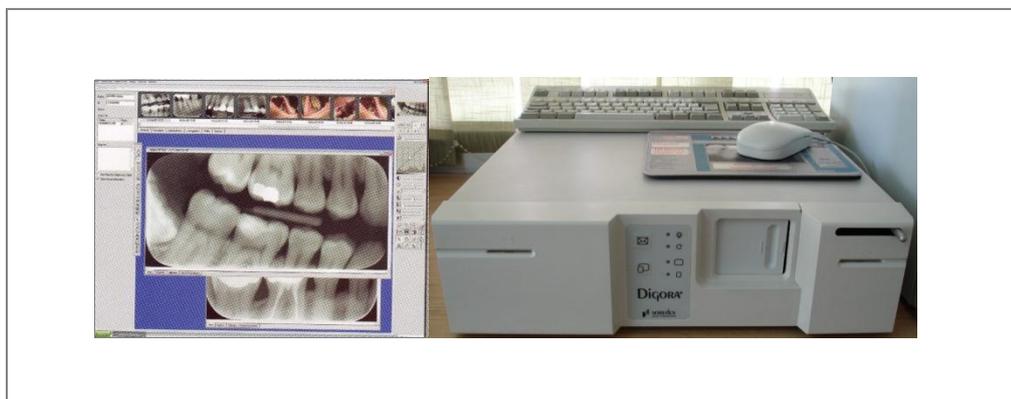
prevalencia de estas lesiones<sup>40</sup>. Sin embargo, una radiografía de aleta de mordida normal no excluye la presencia de caries oculta de dentina, dada su baja Sensibilidad.

### **B.6. Radiografía Digital**

El uso de la radiografía digital parece mejorar el diagnóstico radiográfico<sup>10,41</sup> en estadíos iniciales de la lesión<sup>64,96</sup>. Las ventajas de este sistema radiográfico, son que las imágenes se obtienen de manera inmediata y que el paciente recibe un 70 u 80% menos de radiación, ya que el tiempo de exposición a los rayos X es menor. No hay necesidad de revelado, en el caso de la radiología digital indirecta se realiza a través de un scanner y es visualizado por un software al programa informático que permite su almacenamiento, diferentes formas de visualización y mediciones de la imagen (figura 11). La radiología digital directa emplea un captador con un cable y no requiere escaneado, el propio sistema realiza el proceso informático y la obtención de la imagen.

**Figura 11.** Radiografía Digital Registrada Informáticamente y Unidad de Revelado

---



Cuando se compara con otros métodos diagnósticos como la Inspección Visual-táctil o la laserfluorescencia, la radiografía digital no muestra unos valores de Sensibilidad mejores y en cuanto a la Especificidad está en un rango entre el 0,44 y el 0,91<sup>90</sup>. En la tabla 7 representamos los datos de Sensibilidad y Especificidad de caries oclusal de esmalte y dentina en estudios *in vitro*. Si la radiografía convencional mejora la Especificidad en el diagnóstico de la caries oclusal en superficies no cavitadas en conjunción con la Inspección Visual, la radiografía digital parece mejorar algo la Sensibilidad, aunque encontramos estudios donde no existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto Sensibilidad y Especificidad entre ambos métodos radiográficos<sup>40,106</sup>.

**TABLA 7.** Datos de Sensibilidad y Especificidad de la RxD para caries oclusal de esmalte y dentina

INSPECCIÓN RADIOGRAFÍA DIGITAL SUPERFICIE OCLUSAL				
AUTOR	NIVEL	ESTUDIO	SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD
Wenzel 1990 <sup>101</sup>	<b>esmalte</b>	<b>in vitro</b>	0,31	0,72
Wenzel 1991 <sup>42</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,72	0,83
Wenzel 1992 <sup>40</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,71	0,85
Huysmans 1998 <sup>107</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,52 - 0,60	0,91 – 0,95
Ashley 1998 <sup>85</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,19	0,89
Wenzel 1998 <sup>108</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,6 ± 0,8	Baja
Wenzel 2008 <sup>109</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,31	0,93

---

## B.7. Transiluminación Por Fibra Óptica (Foti)

La Transiluminación por fibra óptica es un método cualitativo que se empezó a utilizar a partir de la década de los setenta<sup>9,96</sup>. Está basado en la transmisión de la luz a través de una fibra óptica y esta va propagándose por el tejido dentario. La superficie se examina cuando una luz blanca de alta intensidad es colocada en vestibular o lingual y llega a la cara oclusal. En la figura 12 podemos observar la aplicación de la lámpara de transiluminación en un molar inferior. El contraste en la intensidad de la luz entre el tejido sano y cariado es útil para detectar la caries, ya que el tejido cariado pierde la capacidad de transmisión. En las caries de surcos y fisuras hay pocos estudios que evalúen su rendimiento diagnóstico, precisión y reproductibilidad<sup>9,97,110,111</sup> y en general hay pocos estudios con transiluminación<sup>38,85,111,112</sup>.

**FIGURA 12.** Transiluminación por lingual para el examen oclusal de un segundo molar

---



La transiluminación ha sido usada principalmente para la detección de caries de superficies proximales<sup>103,113</sup>, y en la mayoría de los estudios encontrados ha sido empleada en dientes posteriores<sup>60</sup>, mostrando alta Especificidad y resultados diversos para la Sensibilidad<sup>9,110</sup>. En comparación con otros métodos diagnósticos, la Sensibilidad para lesiones de dentina es inferior que para la radiografía,(38,114) mientras que otros estudios<sup>12,103</sup> muestran mayor Especificidad que la radiografía de aleta de mordida. En la tabla 8 vemos representados los valores de Sensibilidad y Especificidad en estudios *in vitro* para caries oclusal.

**TABLA 8.** Datos de Sensibilidad y Especificidad para la Foti de estudios *in vitro* para caries oclusal

TRANSILUMINACIÓN SUPERFICIE OCLUSAL				
AUTOR	NIVEL	ESTUDIO	SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD
Cortes 2000 <sup>103</sup>	<b>esmalte</b>	<b>in vitro</b>	0,74 - 1	0,23 – 0,85
Ashley 1998 <sup>85</sup>	<b>esmalte</b>	<b>in vitro</b>	0,21	0,95
Cortes 2003 <sup>111</sup>	<b>esmalte</b>	<b>in vitro</b>	0,96	0,74
Cortes 2000 <sup>103</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,74	0,85
Cortes 2003 <sup>111</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,89	0,92
Ashley 1998 <sup>85</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,14	0,95

---

Entre sus limitaciones hay que tener en cuenta que se trata de un método subjetivo y por ello encontraremos resultados dispares. En caries oclusales, otros autores<sup>38,40,111</sup> atribuyen un mejor comportamiento a la transiluminación que a la radiografía convencional en la detección de caries inicial de dentina. La combinación con la Inspección Visual puede ser útil para determinar la profundidad de la lesión oclusal<sup>111</sup>, aunque son necesarios más estudios, especialmente *in vivo*.

### **B.8. Transiluminación Digital**

La transiluminación digital es un método cuantitativo que usa la imagen digitalizada de un diente durante la transiluminación y es analizada por el ordenador<sup>9</sup>. Estos equipos capturan la imagen a través de un receptor alojado en un cabezal. El examen visual se puede archivar, de esta manera las imágenes pueden ser controladas y reproducidas, pudiendo ser analizadas por varios observadores. La imagen de la transiluminación es capturada mediante una cámara permitiendo inmediatamente disponer de la misma para su interpretación. Es en la interpretación donde radica el problema, ya que los resultados no son directamente cuantificados, las imágenes deben ser analizadas por el clínico de manera subjetiva con las desventajas que ello supone.() Las áreas detectadas con transiluminación digital son generalmente incipientes y aparecen como zonas más oscuras en la imagen resultante<sup>4,10</sup>, detectando caries que no pueden ser detectadas radiográficamente. Como ventaja sobre la radiología convencional no usa radiaciones ionizantes ni películas<sup>96</sup>. Su uso normalmente es en superficies proximales y ha sido evaluado en pocos estudios, tanto para las superficies proximales como para oclusales. Los resultados de algunos estudios<sup>11,115</sup> indican que la

---

Sensibilidad y Especificidad son altas con valores que rondan el 0,67 y el 0,87, para estudios *in vitro* y para caries oclusal de dentina, aunque de acuerdo con otros autores<sup>9</sup> son necesarias más investigaciones.

### **B.9. Láserfluorescencia**

La fluorescencia ocurre como resultado de la interacción de la radiación electromagnética con las moléculas del tejido. El principio básico radica en el aumento de la fluorescencia al aplicar longitudes de onda específicas<sup>116</sup>, en el tejido desmineralizado. Las longitudes de onda corta son las más sensibles para la detección de lesiones iniciales de caries<sup>9,13</sup>. El tejido cariado aumenta los valores de la fluorescencia.

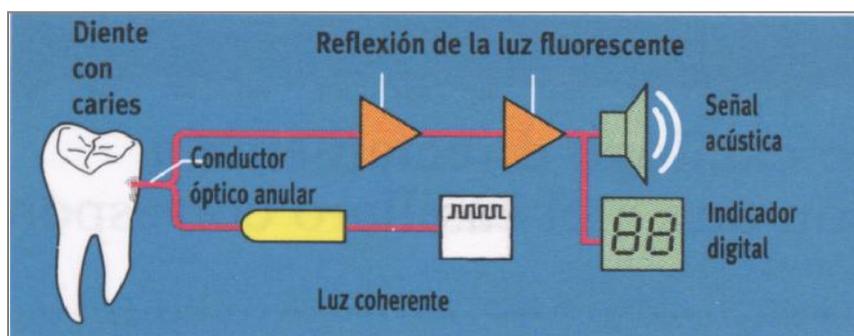
Estudios de Hibst y Gall<sup>116</sup>, han mostrado que la luz roja (638-655nm) puede diferenciar entre el tejido dental sano y cariado. El diagnóstico mediante laserfluorescencia (LF) está basado en estos estudios y utiliza las propiedades de fluorescencia de los tejidos dentales. La luz láser se emite por un diodo en el interior del equipo y con una longitud de onda de 655 nm y 1 mW de potencia. El equipo genera una luz con una longitud de onda definida de 488nm y es aplicada por una punta donde termina la fibra óptica emisora de luz y que tiene un captador de nueve fibras ópticas colocadas alrededor de la fibra óptica central<sup>9</sup>. Al incidir la luz sobre la superficie del diente penetra unos milímetros en el tejido y genera una reflexión de la luz hacia la punta del dispositivo que medirá la fluorescencia por un sistema electrónico diferenciado (figura 13). El valor obtenido de la medición de la fluorescencia aparece en un display digital con valores numéricos. Este valor se asocia con la existencia de

---

caries, aunque no está en relación directa con el tamaño de la lesión<sup>10,48,96,117,118</sup>. La fuente de producción de fluorescencia está en debate, pero parece estar relacionada con los productos del metabolismo bacteriano tales como porfirinas<sup>4,10,12,48,118</sup>.

**Figura 13.** La fluorescencia es medida por un sistema electrónico<sup>(<http://www.kavo.com/>)</sup>

---



La LF ha sido evaluada en numerosos estudios, la mayoría de ellos realizados *in vitro*<sup>9,11,48,74,117,119,120</sup>, aunque también hay bibliografía *in vivo*<sup>49,57-59,63,65,66,121-123</sup>. Los resultados de los estudios *in vitro* no son extrapolables a las condiciones *in vivo* y sabemos de las limitaciones de estos estudios. Variables como el modo de conservación de los dientes o las alteraciones en el contenido orgánico tras la extracción de los dientes son los factores más importantes en la alteración de la fluorescencia del tejido dental. La mayoría de los estudios *in vivo* son realizados en terceros molares o premolares seleccionados para exodoncia y su anatomía oclusal difiere de la de los primeros o segundos molares permanentes. Hay que tener en cuenta además otras limitaciones de la LF, pues los restos de placa o de contenido orgánico, las manchas, el grado de deshidratación en el diente, obturaciones de composite o

---

restos de pasta de pulido pueden afectar las lecturas de LF, por ser fuentes de fluorescencia y por tanto causar falsos positivos<sup>12,48,57,63,64,118,121,124</sup>.

La fluorescencia en dientes blancos es menor comparada con dientes oscuros, por eso es necesario calibrar el sistema de LF antes de la medición. Las fisuras teñidas son fuente de fluorescencia y afectan también a las lecturas de la fluorescencia<sup>118</sup>. También el modo de colocar y rotar la punta de la sonda sobre la superficie oclusal y el calibrado tiene que ser cuidadoso, pues afecta a las mediciones<sup>9,56,65,125</sup>. El uso de LF tiene una curva de aprendizaje que cuando se supera, conduce a unos resultados altamente reproducibles. La fluorescencia podría verse afectada también por las propiedades de transmisión y dispersión de la dentina profunda, pudiendo ser útil para identificar el límite entre dentina sana y enferma durante la preparación cavitaria<sup>54,123</sup>), aunque el método tiene sus limitaciones, por los valores altos encontrados en cavidades clínicamente sanas y cercanas a la pulpa<sup>118</sup> o con dentina sana pero coloreada<sup>123</sup>.

Los resultados de diferentes estudios presentan generalmente alta Sensibilidad. Encontramos valores entre 0,19 y 1 en estudios *in vitro* (tabla 9) para caries de dentina aunque la mayoría oscilan entre 0,79 y 1<sup>36</sup>. En esmalte se presentan también valores variables, presentando una Sensibilidad moderada en muchos de ellos y coincidiendo con valores altos de Especificidad (lo opuesto a caries de dentina)<sup>11,36,48,98,120</sup>. La mayoría de los estudios de caries de dentina *in vivo* (tabla 9) presentan una alta Sensibilidad<sup>49,57-59,63,65,66</sup>.

**TABLA 9.** Datos de Sensibilidad y Especificidad para la Laserfluorecencia en estudios de caries de superficie oclusal

LASERFLUORESCENCIA SUPERFICIE OCLUSAL				
AUTOR	NIVEL	ESTUDIO	SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD
Lussi 2001 <sup>126</sup>	<b>esmalte</b>	<b>in vitro</b>	0,38 - 0,95	0,24 - 0,95
Stookey 2001 <sup>11</sup>	<b>esmalte</b>	<b>in vitro</b>	0,42 - 0,87	0,72 - 0,95
Shi 2000 <sup>98</sup>	<b>esmalte</b>	<b>in vitro</b>	0,42	0,95
Lussi 2001 <sup>126</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,19 - 1,00	
Stephen 1987 <sup>110</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>		0,52 - 1,00
Reis 2006 <sup>65</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,71 - 0,78	0,57 - 0,63
Stookey 2001 <sup>11</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,76 - 0,84	0,79 - 1,00
Heinrich 2003 <sup>59</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,93 - 0,99	0,13 - 0,63
Lussi 1999 <sup>120</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,76 - 0,84	0,79 - 0,87
Hibst 2001 <sup>48</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,92	0,86
Alwas-Danowska 2002 <sup>83</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,93 - 1,00	0,47 - 0,59
Abalos 2009 <sup>66</sup>	<b>dentina</b>	<b>In vivo</b>	0,89	0,75
Reis 2006 <sup>65</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vivo</b>	0,80 - 0,75	0,43 - 0,52
Agnes 2005 <sup>58</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vivo</b>	0,68 - 0,81	0,56 - 0,54
Heinrich 2003 <sup>59</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vivo</b>	0,89 - 0,99	0,17 - 0,63
Anttonen 2004 <sup>49</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vivo</b>	0,92	0,82
Lussi 2001 <sup>63</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vivo</b>	0,92	0,86
Heinrich 2003 <sup>59</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vivo</b>	0,84 - 0,95	0,28 - 0,70

Los valores de Especificidad son variables para caries de esmalte y dentina en estudios *in vitro* (tabla 9) pero siempre menores en comparación con los métodos de diagnóstico tradicionales<sup>45,75,76,78,81</sup>. Los estudios que presentan valores altos de Especificidad coinciden con valores bajos de Sensibilidad<sup>45</sup>. En estudios *in vivo* para caries de dentina (tabla 9) encontramos valores de Especificidad entre moderados a altos<sup>49,58,59,63,65,66</sup>.

Diferentes estudios muestran una buena reproductibilidad<sup>9,48</sup>, con valores kappa mayores a 0.80, que corresponde a una casi perfecta concordancia<sup>55,76,120,127</sup>. La concordancia intraoperador presenta valores muy altos (0,80 -0,98) y para la concordancia interoperador también son altos los datos encontrados con un rango entre 0,53 y 0,93. (tabla 10)

**Tabla 10.** Estudios *in vivo*: valores intraoperador e interoperador de Laserfluorescencia

	INTRAOPERADOR	INTEROPERADOR
Alwas 2002 <sup>83</sup>	0.90	0,85
Lussi 2001 <sup>63</sup>	0,98	0,93
Traneaus 2004 <sup>94</sup>	0,80-0,92	0,71-0,87
Astvaldsdottir 2004 <sup>53</sup>	0,85-0,98	
Angnes 2005 <sup>58</sup>		0,53

Los métodos convencionales muestran una alta Especificidad, mientras la LF muestra una alta Sensibilidad, pudiendo detectar caries ocultas en dentina cuando la Inspección Visual y la radiografía no la identifican. Sin embargo, debido a su menor Especificidad y a la baja prevalencia actual de caries en países industrializados, su uso debe ser como coadyuvante de la Inspección Visual en el diagnóstico de la caries oculta de dentina. Se estima que del 30 al 50 % más de caries oclusales pueden ser detectadas en estadio temprano con este método y aunque la radiografía de aleta supone un complemento a la Inspección Visual, sólo detecta la lesión cuando está avanzada en dentina, por lo que distintos estudios<sup>57,98,119</sup> encuentran que la LF es más efectiva que la radiografía de aleta como complemento de la Inspección Visual para el diagnóstico de caries oclusal.

Hay distintos valores de corte para el diagnóstico de caries, además de los establecidos por el fabricante<sup>55,58,59,63,65,66,76</sup>. Los límites actuales establecidos inicialmente por Lussi<sup>63</sup> se representan en la tabla 11.

**Tabla 11.** Límites actuales recomendados para la LF<sup>63</sup>

<b>D<sub>0</sub></b>	<b>0 - 13:</b> no caries o caries inicial de esmalte.
<b>D<sub>1+2</sub></b>	<b>14 - 19:</b> caries de esmalte.
<b>D<sub>3</sub></b>	<b>≥20:</b> caries que afecta a dentina.

---

Este método tiene unas limitaciones para establecer la profundidad de la lesión de caries, pues aunque funciona como método cualitativo, debe ser mejorado como método cuantitativo. Algunos estudios<sup>56</sup> han determinado que la LF no muestra correlación con la profundidad de las lesiones. Es válido para detectar correctamente caries de dentina, también puede ser útil para monitorizar pequeñas lesiones en esmalte<sup>83</sup>, y para otros autores sin embargo no resulta tan apropiado para la detección de la caries inicial de esmalte<sup>76</sup>.

La láserfluorescencia (DIAGNOdent, KaVo, Biberach, Germany) ha sido modificada en cuanto al formato del aparato inicial. Este nuevo aparato es el DIAGNOdent pen®, emite una luz roja en una longitud de onda de 655 nm y usa una sonda con una punta designada específicamente para superficie proximal de dientes posteriores<sup>12</sup>). Tiene el aspecto de un termómetro digital o de un bolígrafo, de ahí su nombre. La punta es más pequeña para introducirse mejor en las fisuras<sup>128</sup> y puede ser rotada para facilitar su uso sobre las superficies vestibulares y bucales de dientes anteriores y posteriores<sup>12</sup>.

Los valores de Sensibilidad para caries oclusal de dentina oscilan entre 0,78 y 0,96 y los de Especificidad entre 0,69 y 0,89, por lo que no se encuentran diferencias con los valores del DIAGNOdent convencional, como tampoco se encuentran para caries de superficies proximales<sup>12</sup>. Los valores de corte han sufrido una ligera variación y están descritos por Lussi<sup>68</sup>.

---

## B.10. Fluorescencia Inducida Por Luz (QLF)

La Fluorescencia inducida por luz es un sistema usado para la detección y cuantificación de la caries inicial<sup>10,64</sup> y para monitorizar la desmineralización o remineralización de las lesiones de superficies libres<sup>96,129,130,131</sup>. El diente es iluminado por un haz de luz azul-verde de un láser de argón produciendo una luz difusa con una longitud de onda de 488nm<sup>9,64,96,132</sup>. También puede ser producida por una lámpara de arco de microdescarga de xenón y un sistema de filtro óptico que produce luz azul a 370 nm<sup>10,133</sup>, siendo conducida por una guía de líquido. Las imágenes se recogen en un entorno con poca luz a través de una videocámara portátil intraoral y son analizadas por un software<sup>4</sup>. Se puede utilizar para calcular el tamaño de la lesión, la profundidad y el volumen<sup>9,12,132</sup>. Las áreas desmineralizadas aparecen como zonas oscuras, ya que la radiación de la lesión de caries es menor que la del esmalte sano<sup>9</sup>. Es necesario una superficie limpia y seca para capturar la imagen de forma óptima<sup>131</sup>.

El diente es irradiado con luz visible en el espectro azul-verde produciendo una fluorescencia amarilla, la prueba se basa en un descenso de la fluorescencia fruto del esmalte desmineralizado. La intensidad de luz emitida está relacionada con la pérdida de mineral y puede ser cuantificada<sup>129</sup>.

Es un método sensible y reproducible para la cuantificación de caries de superficies libres, aunque no discrimina entre las lesiones restringidas a esmalte y las que ocupan dentina<sup>64,96</sup>. Este método parece estar limitado por la profundidad de la lesión<sup>64</sup>, siendo efectivo en aproximadamente 400 µm, no más allá de esta profundidad. La posibilidad de adaptarlo para el diagnóstico de caries oclusal está en investigación<sup>131</sup>, siendo pocos los estudios clínicos realizados<sup>9,64,94,134</sup>. La mayoría de los estudios aportan datos de diagnóstico en superficies proximales y en

superficies libres<sup>11,134-136</sup> y muestran excelente reproducibilidad en dentición permanente<sup>12,131</sup>. En la tabla 12 mostramos datos de Sensibilidad y Especificidad de estudios *in vitro* con QLF en caries oclusal de dentina. Este método diagnóstico puede verse afectado por el grado de humedad o secado de las fisuras, por las manchas o morfología de las mismas<sup>132</sup> y parece no discriminar entre caries e hipoplasia. Los resultados mejoran cuando se limpia la superficie de restos de placa<sup>64</sup>.

**Tabla 12.** Datos de Sensibilidad y Especificidad de estudios *in vitro* en caries oclusal de dentina para QLF

INSPECCIÓN CON QLF DE SUPERFICIE OCLUSAL				
AUTOR	NIVEL	ESTUDIO	SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD
Stookey 2001 <sup>11</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,49	0,67
Zandona 2006 <sup>12</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,61	0,59
Pretty 2004 <sup>4</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,77	0,67
McComb 2001 <sup>64</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,72-0,76	0,79-0,81

---

### B.11. Impedancia Eléctrica

Se basa en la alta resistencia a la conducción eléctrica de los tejidos dentales duros. El esmalte es un pobre conductor eléctrico, así, el esmalte cariado sufre un cambio en el comportamiento eléctrico con una alta conductancia comparado con el sano<sup>93</sup>. El esmalte desmineralizado se vuelve más poroso, se llena de fluidos que contienen iones y minerales de la saliva y esto hace que la conductancia aumente<sup>64</sup>.

Existen dos aparatos con una punta diseñada para superficie oclusal y medir la conductancia eléctrica en las fosas o fisuras<sup>12</sup>. Ha sido probado en estudios *in vivo* e *in vitro* en superficies oclusales<sup>111</sup>, con resultados de Especificidad y de Sensibilidad variados, pero que permiten diagnosticar lesiones de desmineralización en sus primeros estadios<sup>96</sup>.

El monitor electrónico de caries (ECM) (LODE ,Groningen, the Netherlands), al igual que su predecesor, el Vanguard (Electronic Caries Detector, Massachusetts Manufacturing Cooperation Cambridge, Mass., USA), han sido diseñados para el diagnóstico de caries en superficies oclusales. Los valores de Sensibilidad en premolares y molares permanentes varían entre 0,67 y 0,96 y los de Especificidad entre 0,71 y 0,98<sup>9,79,120</sup>. En estudios de revisión sobre el ECM existen resultados dispares. Los valores de Sensibilidad para lesiones de dentina están entre 0,58 y 0,97 y los valores de Especificidad entre 0,56 y 1<sup>36</sup>. Una de las razones de estos resultados puede ser la diferencia en el modo de aplicación de la técnica. También puede influir el grado de deshidratación del tejido dental, el grado de maduración del esmalte y la variación de la temperatura<sup>9,10</sup>. En la tabla 13 mostramos datos de Sensibilidad y Especificidad de estudios, *in vitro* e *in vivo*, con ECM en caries oclusal.

**TABLA 13.** Datos de Sensibilidad y Especificidad para el diagnóstico de caries oclusal con Monitor Eléctrico de Caries (ECM)

INSPECCIÓN CON ECM DE SUPERFICIE OCLUSAL				
AUTOR	NIVEL	ESTUDIO	SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD
Ashley 1998 <sup>85</sup>	<b>esmalte</b>	<b>in vitro</b>	0,65	0,73
Ekstrand 1997 <sup>50</sup>	<b>esmalte</b>	<b>in vivo</b>	0,63	0,73
Lussi 1999 <sup>120</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vitro</b>	0,58 - 0,92	0,76 - 0,94
Ricketts 1997 <sup>39</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vivo</b>	0,93 - 0,97	0,56- 0,77
Ricketts 1995 <sup>84</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vivo</b>	0,84	0,78
Lussi 1995 <sup>137</sup>	<b>dentina</b>	<b>in vivo</b>	0,93	0,77

En los últimos años se han propuesto otros métodos para la detección de caries, demostrando la mayoría su utilidad en laboratorio, pero aún sin aplicación clínica. Entre ellos encontramos las técnicas por ultrasonidos, con las que se pueden obtener imágenes de los tejidos por la reflexión de las ondas sonoras. Entre estas técnicas la Ecodentografía (detección de caries por ultrasonidos) parece que pronto pueda tener su aplicación clínica<sup>96</sup>.

Las Técnicas de Imagen Multifotón se basan en la microscopia multifotónica, que obtiene imágenes tridimensionales de tejidos vivos. Otras de las técnicas en estudio es la Termografía por Infrarrojos, ya usada en otras áreas de la medicina o la

---

Tomografía Óptica de Coherencia, que permite la visualización de las estructuras *in vivo* de igual manera que los ultrasonidos, pero empleando la emisión de ondas de luz y siendo capaz de visualizar *in vitro* lesiones de caries incipientes de esmalte. En el proceso de imágenes por Impulsos Terahercianos, las ondas detectan cambios de densidad en los tejidos que no son detectados por los ultrasonidos, los Rayos X o la Resonancia Magnética Nuclear.

No existe un método ideal para el diagnóstico de las caries oclusales de surcos y fisuras en sus estadios tempranos antes de la cavitación. La combinación de varios métodos y la experiencia del clínico pueden ser un buen aliado para determinar la apertura o no de la fisura. No obstante, hay que tener en cuenta que si bien los métodos tradicionales muestran una alta Especificidad, puede existir caries en dentina que no sean diagnosticadas. Por otra parte, aquellos métodos con mayor Sensibilidad pueden llevar a un sobretratamiento, sobre todo en países con prevalencia baja de caries como son los países industrializados donde se incluye España.

Con todos estos antecedentes y a pesar del conocimiento exhaustivo sobre distintos aspectos de las pruebas diagnósticas para el diagnóstico de las caries oclusales no cavitadas, existe una laguna en el conocimiento que justifica esta investigación. En el siguiente apartado justificaremos la necesidad de este estudio e intentaremos poner en valor sus características fundamentales: Estudio *in vivo*, validación total de la muestra y realizado en molares permanentes.

---

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**



---

## A. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

Con los antecedentes expuestos, el diagnóstico de la Caries Oculta de Dentina depende de varios factores, entre los que incluimos **anatómicos**, **técnicos** y **de conocimiento**. Desde el punto de vista **anatómico**, los surcos y fisuras presentan una morfología que a simple vista puede indicar que el diente está sano, cuando realmente está invadida la dentina, incluso con una mínima lesión del esmalte. Además, el surco en la zona más profunda puede adquirir distintas formas (surcos en Y, V, etc.), que son inaccesibles a la inspección visual. En resumen, ¿cómo podemos hacer un diagnóstico de profundidad por la visión de una superficie? Desde el punto de vista **técnico**, no disponemos de medios fiables que nos muestren lo que sucede en dentina, debajo del esmalte aparentemente íntegro. La radiografía siempre va por detrás de la histopatología. Es decir, una radiografía normal no excluye la presencia de caries. También, la exploración con sonda está totalmente contraindicada. Así, los medios convencionales no son por sí solos fiables. En cuanto a las nuevas tecnologías como la aplicación al diagnóstico de la Electro-conductancia, etc, hay estudios “*in vitro*” y se encuentran estudios en fase de investigación.

Por último, es necesario el **conocimiento** de los aspectos particulares de la llamada “caries oculta de dentina”. Existe una disparidad de criterios entre los profesionales y no justificada en cuanto a la presencia o no de caries, y en cuanto a la apertura o no del surco para su tratamiento. Si miramos lo que hay publicado a nivel de investigación existen unos criterios de uniformidad. Sin embargo, el Odontólogo dedica

---

poco tiempo a formarse en este sentido, en relación a otras disciplinas más atractivas (p.e. la implantología o la ortodoncia). Además, los errores en el diagnóstico no son percibidos como tales por el profesional. Si en un diagnóstico existe un falso positivo, durante el tratamiento se piensa que se ha eliminado la caries rápidamente. Los falsos negativos son identificados como nuevas caries en posteriores exploraciones, no identificando el error anterior. Por tanto, no puede existir un aprendizaje adecuado en el trabajo diario de la clínica dental, ya que el error no es identificable, por estos motivos.

Por lo expuesto anteriormente, llegamos a la conclusión, de que hay un problema en el diagnóstico de esta entidad nosológica. Pero si a esto unimos que la caries oculta tiene una prevalencia alta en adolescentes y adultos jóvenes, no sólo tenemos un problema diagnóstico, sino además un problema de salud bucodental. Esta situación podría tener solución con la difusión del conocimiento actual, sin embargo existe una laguna en el conocimiento que es la que justifica este estudio y que a continuación explicamos.

Los estudios *in vitro*, se realizan en unas condiciones más estables, se controlan mejor las variables, pero no reproducen las condiciones reales de la boca. En el caso de la laserfluorescencia, esto es dramático, pues el diente cambia esta propiedad con el tiempo y con los líquidos donde está almacenado. Por tanto, los resultados de los estudios *in vitro* tienen que ser observados con cautela y no siempre se pueden extrapolar a situaciones *in vivo*. Así, lo mejor es diseñar estudios *in vivo*.

En la literatura encontramos estudios *in vivo*, pero también estos plantean problemas. Los dientes que pensamos que están sanos no se pueden validar mediante la apertura de la fisura por razones éticas y tenemos que asumir este diagnóstico de salud del diente, sin poder comprobarlo. Es decir, no podemos identificar los falsos

---

negativos. Los investigadores adoptan dos posturas frente a esta situación: 1) Incluyen los dientes en la muestra, con lo que no tienen la seguridad de que existan falsos negativos ó 2) excluyen de la muestra los dientes sin validar, con lo que trabajan con una muestra de caries cercanas al 100% de prevalencia, lo que supone cálculos no reales de Sensibilidad y Especificidad. Podría existir una solución, diagnosticar y medir *in vivo* en dientes que tienen que ser extraídos y posteriormente a la exodoncia se validan histológicamente. Al tratarse de caries no cavitadas necesitamos dientes íntegros. Así, los estudios que se realizan son con premolares (razones ortodóncicas) o en terceros molares (razones quirúrgicas). Sin embargo, la anatomía oclusal de estos dientes, difiere de la de primeros y segundos molares permanentes.

Con estos antecedentes podemos justificar la pertinencia y utilidad de esta investigación, pues vamos a investigar la seguridad y la validez de las pruebas para el diagnóstico de las caries de surcos y fisuras no cavitadas, de una forma que no se realizado hasta ahora para todo el conjunto de todas las pruebas diagnósticas al alcance del dentista. Se trata de un estudio 1) *in vivo*, 2) en primeros y segundos molares y 3) con una validación total de la muestra. Así, evitamos todos los problemas anteriormente expuestos y podemos calcular unos valores más reales de Sensibilidad y Especificidad. Para evitar los problemas iatrogénicos y legales, los dientes que se pensaban que estaban sanos servían como pilar para puente de prótesis fija. Una vez valorada o no la presencia de caries, mediante todas las pruebas diagnósticas, se abrían los surcos y fisuras mediante fisurotoma (Gold Standard) y posteriormente se tallaban.

---

## B. OBJETIVOS.

En nuestro trabajo emplearemos distintos métodos diagnósticos, que serán investigados en cuanto a su seguridad y validez. Además, valoraremos la concordancia para el mismo operador (*concordancia intraoperador*) y entre operadores distintos (*concordancia interoperador*) y valoraremos la *Sensibilidad, Especificidad y Fiabilidad* de los siguientes Métodos:

1. Inspección Visual (IV)
2. Inspección Visual con Magnificación (IVM)
3. Transiluminación (FOTI)
4. Radiografía Convencional de Aleta. (Rx)
5. Radiografía Digital (RxD)
6. Láserfluorescencia (LF)
7. Tinción con colorante

Nos servirán los resultados obtenidos y su discusión para alcanzar los siguientes **objetivos**:

1. Establecer los límites de cada método diagnóstico.
2. Indicar la forma de exploración de los surcos y fisuras para la detección de caries.
3. Indicar los criterios para la apertura quirúrgica de un surco o una fisura.

---

Esta investigación *in vivo* y debido al método de validación empleado, nos permite destacar las siguientes **ventajas** de nuestro estudio:

- El hecho de ser un estudio clínico "*in vivo*" evita los errores de los estudios "*in vitro*", comentados en el apartado anterior.

- La validación completa de la muestra permite unos cálculos reales de Sensibilidad y Especificidad de las pruebas diagnósticas.

- Al centrarnos en la investigación en pruebas diagnósticas habituales o al alcance del dentista, hace que los resultados de la investigación sean aplicables al diagnóstico diario de esta entidad nosológica.

### **C. HIPOTESIS.**

Partimos de la **Hipótesis de Nula** que todos los métodos tienen igual capacidad diagnóstica. El análisis estará enfocado tanto a la capacidad de diagnóstico de la caries de dentina como a la exactitud del estadío. Haremos una comparación de los distintos métodos para establecer la existencia o no de diferencias en cuanto a la capacidad diagnóstica.

Como **Hipótesis de Trabajo** partimos de los siguientes supuestos:

- Las pruebas de IV, IVM, Rx, RxD y FOTI presentan mayor Especificidad que Sensibilidad.

- 
- La LF presenta mayor Sensibilidad que Especificidad.
  - La combinación de varias pruebas, sobretodo IV+LF puede mejorar el rendimiento diagnóstico.

Podemos acotar el rendimiento diagnóstico con más exactitud, dada la posibilidad de validar los dientes sanos sin iatrogenia. No estando aplicada esta metodología con todas estas pruebas diagnósticas en su conjunto hasta la actualidad, excepto para la laserfluorescencia por nuestro grupo<sup>66</sup>.

Cuando respondamos al problema, es conveniente proponer otras hipótesis en donde aparezcan variables independientes distintas de las primeras que formulamos. Por tanto, es necesario hallar diferentes hipótesis alternativas como respuesta a un mismo problema y elegir nuevas para investigaciones futuras y tratar su comprobación. El desarrollo del trabajo tiene como finalidad comprobar estas hipótesis, pero sobre todo cuantificar, sobre una muestra de molares permanentes validada en su totalidad, en vivo y con una prevalencia cercana al 50%, la seguridad y validez diagnóstica de las pruebas más habituales empleadas en el diagnóstico de la caries oculta de dentina.

#### **D. IMPORTANCIA CLINICA.**

Con los resultados obtenidos, estableceremos la seguridad, limitaciones y usos de estas pruebas, así como un protocolo de actuación basado en su utilidad y su facilidad de aplicación, siendo ésta la importancia clínica del estudio. Estas pruebas han sido estudiadas por otros investigadores, aunque no con este método de validación. Por eso, catalogamos a esta investigación como **estudio confirmatorio**.

---

## **III. MATERIAL Y MÉTODO**



---

## **A. SELECCIÓN DE LA MUESTRA**

### **A.1. Selección de los pacientes**

La selección de la muestra se realiza de forma aleatoria con los pacientes que acuden para reponer un diente posterior mediante tratamiento de prótesis fija. La selección se realiza en dos clínicas dentales privadas situadas en Jerez de la Frontera con un entorno de similar nivel socioeconómico. El estudio ha sido aprobado por el Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla.

#### a) Criterios de inclusión

Pacientes que tenían un primer o segundo molar sano que iba a servir como pilar de puente. Adultos sanos y que firmaban el consentimiento informado, en el cual explicamos cómo sus datos podían formar parte de una investigación clínica sobre medios diagnósticos de la caries de surcos y fisuras. Se seleccionaron 57 adultos mayores de 18 años, 25 hombres y 32 mujeres, todos entre 18 y 35 años de edad, con una media de 26.4 años.

#### b) Criterios de exclusión

Aquellos pacientes que presentaban enfermedades generales que pudieran implicar un mayor desarrollo de la caries, como pacientes inmunodeprimidos, en tratamiento con fármacos que produzcan hiposialia, antidepresivos tricíclicos. Pacientes tratados con radioterapia en zona de cabeza o cuello o con problemas hipofisarios,

hipertiroideos, con problemas gástricos, como hernia de hiato o regurgitaciones y descartamos también a las embarazadas. En cuanto a las consideraciones locales se excluyen, aquellos pacientes que presentaban un índice de placa superior al 20 %.

## A.2. Selección de los dientes

Seleccionamos primeros o segundos molares sanos o con caries de esmalte ( $n_1=57$ ), valor 0 a 2 según los criterios de Ekstrand<sup>50</sup> y que iban a ser tallados para tratamiento de prótesis fija. Otros primeros o segundos molares ( $n_2=71$ ), de los mismos pacientes, eran seleccionados por ser sospechosos de tener caries de dentina, valor 3-4, según la misma escala de Ekstrand<sup>50</sup> y que eran subsidiarios de tratamiento de operatoria dental. La muestra estaba compuesta de 128 molares ( $n_1+ n_2$ ): 48 primeros molares (42 superiores y 6 inferiores) 80 segundos molares (38 superiores y 42 inferiores). Los criterios empleados para la selección de los molares son especificados en la tabla 14 (ver Fig. 7).

**TABLA 14.** Criterios para la caries oculta de dentina, según la inspección visual<sup>50</sup>

0:	Sin cambios o pequeño cambio en esmalte tras secado de > 5 s	D <sub>0</sub>
1:	Opacidad o decoloración difícil de ver en esmalte húmedo, pero sí tras el secado	D <sub>1</sub>
2:	Opacidad o decoloración en esmalte perfectamente visible sin secar	D <sub>2</sub>
3:	Fisura localizada en esmalte opaco o decolorado y/o decoloración grisácea de la dentina subyacente.	D <sub>3</sub>
4:	Cavitación en esmalte opaco o decolorado exponiendo dentina	D <sub>4</sub>

---

a) Criterios de inclusión

Molares con superficies aparentemente intactas macroscópicamente de primeros o segundos molares con valor Ekstrand<sup>50</sup> entre 0 y 4.

b) Criterios de exclusión

Molares con restauraciones oclusales o proximales, selladores de surcos o fisuras, hipoplasias, fluorosis de alto grado, caries de surcos cavitadas o caries proximales.

### **A.3. Localización de la caries según el área**

Después de la limpieza con cepillo (Nylon 835, KerrHawe, Bioggio, Switzerland) y agua seleccionamos para aquellos molares con sospecha de caries las áreas de los molares en las cuales estaría indicada la apertura de surcos y fisuras, es decir, el lugar donde iba a ser realizada la obturación. Utilizamos para este diagnóstico los criterios de Ekstrand<sup>50</sup> que se han descrito en la tabla 14. En los molares sin sospecha de caries que iban a ser tallados, anotamos las áreas de las fosas, surcos o fisuras en los que íbamos a aplicar los métodos diagnósticos del estudio.

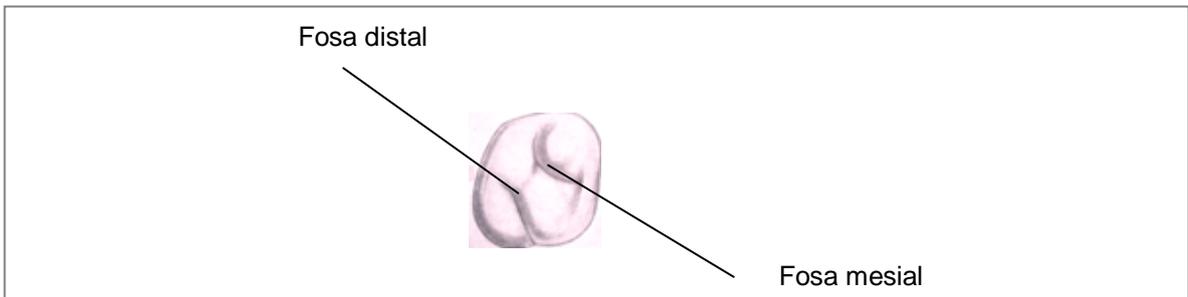
En los molares superiores (figura 14), seleccionábamos fundamentalmente la fosa mesial y distal. En los molares inferiores, la fosa central, las fosas triangulares mesial y distal (figura 15). Esta selección la realizábamos cuando no había sospecha de caries. Cuando la sospecha existía, seleccionábamos el lugar con sospecha de caries.

---

La muestra se compone de un total de 36 áreas mesiales, 47 centrales y 45 áreas distales.

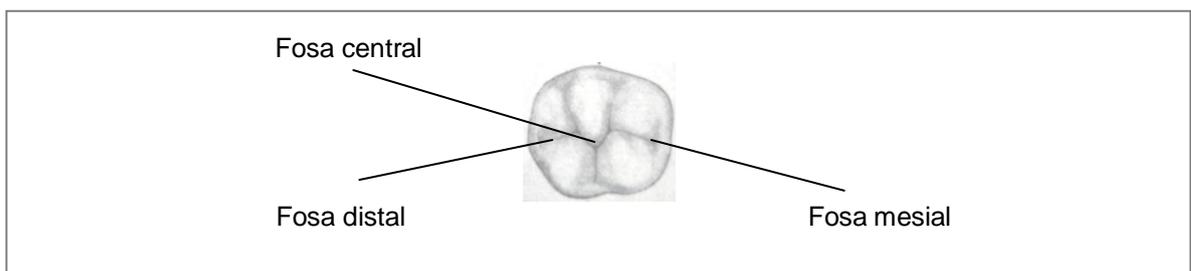
**FIGURA 14.** Fosas seleccionadas mesial y distal de molares superiores para la aplicación de las pruebas diagnósticas

---



**FIGURA 15.** Fosa central y fosas triangulares mesial y distal de molares inferiores

---

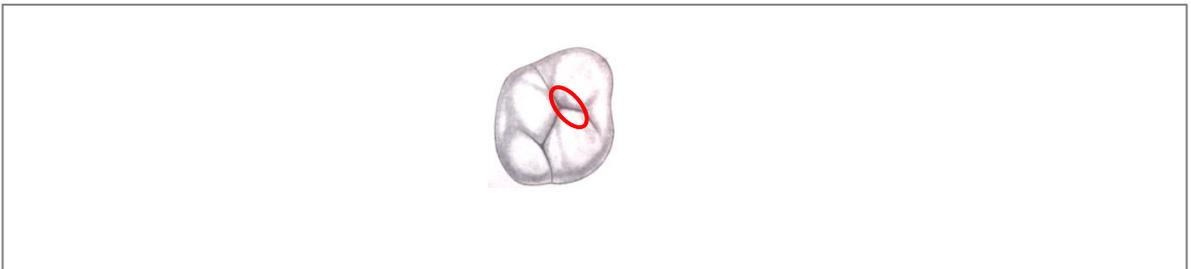


---

Una vez localizada un área, esta es marcada en un dibujo del diente. El dibujo indica el lugar donde hay que realizar la exploración y por tanto la aplicación de todas las pruebas diagnósticos que componen la investigación. En la figura 16 representamos un ejemplo de cómo sería el dibujo en un segundo molar superior derecho y su área de exploración marcada.

**FIGURA 16.** Dibujo de un molar superior con el área seleccionada y marcada para la exploración de diferentes operadores: fosa distal de primer molar superior.

---



---

## **B. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS**

Las Pruebas para el diagnóstico de la caries oculta de dentina empleadas en este estudio son las siguientes:

- I. Inspección Visual (IV).
- II. Inspección visual con magnificación (IVM).
- III. Transiluminación con fibra óptica (FOTI)
- IV. Radiografía convencional (Rx)
- V. Radiografía digital (Digora®)
- VI. Laserfluorescencia (Kavodiagnodent®)
- VII. Tinción con colorante

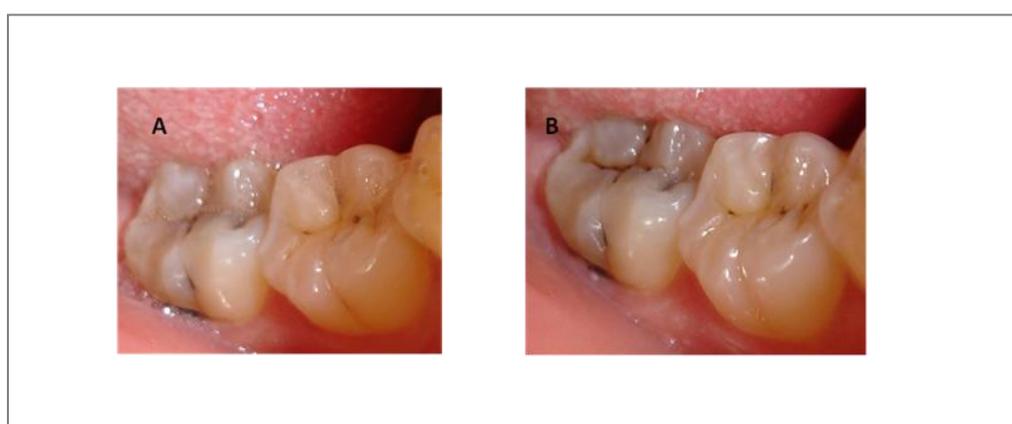
---

## I. Inspección visual :

Explorábamos al paciente sentado en posición horizontal en el sillón dental y bajo la luz artificial del equipo, con ayuda de la jeringa de triple función y un espejo bucal plano del N.5 sin aumento. La primera exploración la realizábamos tras lavado con abundante spray de agua-aire y la segunda exploración tras el secado con aire durante 5 s (figura 17). La exploración la llevamos a cabo con inspección visual directa de los surcos, fosas y fisuras. El empleo de la sonda de caries era solo para retirar sustancias retenidas en los surcos y fisuras que nos impidieran su visualización. Nunca utilizábamos el explorador bajo presión en el fondo de las paredes del surco para evitar riesgos de cavitación iatrogénica sobre esmalte desmineralizado y por tanto débil<sup>12,35,49,89,93</sup>.

**FIGURA 17.** Inspección visual con diente húmedo y tras secado mayor a 5 segundos

---



**A:** Molar Húmedo.

**B:** Molar tras el secado > 5 segundos.

---

Los valores que aplicábamos como resultado de la inspección Visual son los de Ekstrand<sup>50</sup> y que se especifican en la Tabla 14. Además en la Inspección Visual anotamos en cada ficha el **color** del área explorada y catalogamos esta variable con la siguiente escala: Normal (0), Amarillo (1), Marrón (2) y Grisácea (3).

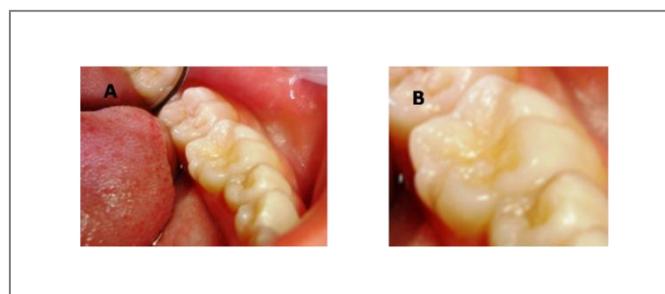
También, observábamos la **forma, profundidad e integridad** que presentan los surcos y fisuras clasificándolas en: Lineal (0) o Abigarrada (1); en: Superficial (0) o Profunda (1) y en: Integra (0), Puntualmente Abierta (1) o Abierta (2), respectivamente.

## II. Inspección visual con magnificación:

Utilizábamos los binoculares de la casa Orascoptic Dimension 3 (Orascoptic Research, Inc., Wisconsin, USA) con un aumento de 2,6. Usábamos los mismos criterios que para la inspección visual sin magnificación descritos en el apartado anterior. En la figura 18 se observa la ampliación 2.6 veces de la imagen de un molar con medidas en la imagen similares a las normales en boca.

**FIGURA 18.** Fotografía de molares con un tamaño similar al real y su ampliación 2.6 veces

---



**A.** Distancia V-L 10 mm    **B.** Distancia V-L 26 mm. (10mm x 2.6)

---

Durante el estudio se tomaban fotografías con cámara digital Sony DSC-P150, con lente Carl Zeiss, a una resolución de 7,2 Megapíxeles, en modo Macro y flash en automático. Se tomaba una primera fotografía con las superficies húmedas y otra a continuación tras 5 segundos de secado.

### III. Transiluminación

La transiluminación la realizábamos empleando una luz LED mediante una lámpara DioPower® (figura 19) de CMS- Dental ApS. Elegíamos el programa B de luz blanca continua e intensidad ajustable para este procedimiento. Colocábamos la punta sobre la superficie vestibular y lingual del diente y observábamos la superficie oclusal del diente. Durante la transiluminación buscábamos sombras u oscuridad a nivel de las fisuras superficialmente o a nivel de dentina en profundidad. Estos hallazgos indican la interrupción de la transmisión de la luz por afectación del tejido dentario.

**FIGURA 19.** Imagen de lámpara DioPower®



---

Los valores asignados a la transiluminación los expresamos en la tabla 15. En la ficha del estudio anotábamos los resultados según el valor obtenido.

**TABLA 15.** Valores asignados a la exploración con transiluminación de los surcos y fisuras

---

Valor 0: No distinguimos zonas de esmalte con distinta iluminación o sombras
Valor 1: Zona de esmalte superficial con distinta transmisión de la luz que el esmalte circundante o sombra a nivel de esmalte
Valor 2: Zona de sombras en profundidad o alteraciones de transmisión de la luz con cambio de color que se extiende en dirección buco-lingual

#### **IV. Exploración con radiografía convencional**

El método utilizado para la exploración radiográfica convencional es el siguiente: tomábamos radiografías de aleta de mordida con las arcadas en oclusión y el haz de rayos en ángulo de 10° por encima del plano oclusal con un equipo de rayos Trophy Trex a 70 kV y 10 mA. Las placas usadas eran Kodak Ultraspeed del N. 2, el tiempo de exposición era de 0,6 s. y la distancia punto focal-película de 15 cm. El revelado se realizaba a continuación, manteniendo durante unos 30 s la placa en el revelador a temperatura entre 18-22 °C. Lavábamos con agua durante otros 30 s y el fijado se

---

realizaba durante un tiempo superior a un minuto. Finalmente la radiografía se lavaba con agua abundante. Los líquidos empleados eran marca Kodak y eran renovados con frecuencia.

Las radiografías de aleta de mordida servían para el diagnóstico inicial de caries, pero para esta investigación no eran evaluadas en el momento inicial del estudio. Posteriormente, en otro día diferente, las radiografías eran examinadas independientemente por dos observadores experimentados (OP2-OP3) y bajo condiciones estandarizadas, usando un negatoscopio en un ambiente oscuro. Los investigadores habían sido previamente instruidos y entrenados mediante el diagnóstico de 25 radiografías de aleta de mordida no incluidas en el estudio y según los criterios empleados para esta investigación. En la exploración radiográfica se valoran todos los molares presentes en la radiografía, considerándose posteriormente sólo la información relativa a los dientes que componían el estudio. Además, los examinadores (OP2-3) estaban blindados de los resultados obtenidos en el resto de las pruebas. La concordancia interoperador en este estudio preliminar era substancial (índice de kappa > 0.60) y el acuerdo intraoperador casi perfecto (índice de kappa > 0.80).

En la hoja de datos cada operador anotaba los valores resultantes de su interpretación radiográfica. Los criterios utilizados son los establecidos por Astvaldsdottir, Traneaus y Holbrook,<sup>53</sup> que describimos en la tabla 6 y recordamos a continuación: **0**: No se observa radiolucidez (RL); **1**: RL visible en esmalte; **2**: RL visible en la mitad externa de la dentina; **3**: RL visible en la mitad interna de la dentina.

Los pacientes seleccionados pertenecen a una clínica dental de las dos donde realizábamos este estudio, ya que el aparato de Rayos X existente era Convencional.

---

Excluíamos los diagnósticos donde no había concordancia entre el OP2 y OP3. Fueron analizados 18 pacientes, aproximadamente un 31,6% del total de los pacientes para Rx.

## **V. Radiografía digital:**

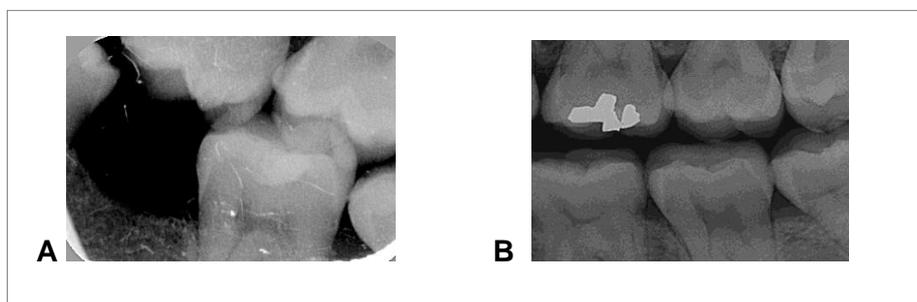
Este método se empleó para los pacientes seleccionados en otra consulta de la misma ciudad y de características similares a la anterior. Sin embargo, aquí las radiografías se realizaron con radiografía digital y con el Sistema Digora® (Trophy Elitys) a 70 kV y 7 mA. El revelado se realizaba a través del scanner y es registrado a través del software mediante un programa informático. La radiografía digital de aleta de mordida, la observamos directamente en la pantalla del ordenador (figura 20). Como criterios diagnósticos se aplicaron igualmente los mismos que para la radiografía convencional. Los observadores OP2 y OP3 analizaban de igual forma que para la radiografía convencional y estaban familiarizados con este método diagnóstico. De la misma forma y previa a la investigación, el observadores habían sido instruidos y entrenados con 20 radiografías de aleta de mordida digitales no incluidas en el estudio. La concordancia interoperador en este estudio preliminar era substancial (índice de kappa > 0.60) y el acuerdo intraoperador casi perfecto (índice de kappa > 0.80).

Analizamos la radiografía digital de 39 pacientes que cumplían los criterios de la selección de la muestra y que sirvieron para analizar el 68,4% de los pacientes de la muestra para Rx.

---

**FIGURA 20.** Aleta de mordida obtenida con Radiografía Digital

---



**A.** Aleta de mordida de un 2º molar inferior para tallar.  
**B.** Aleta de mordida. No sospechamos caries de dentina.

## V.II Laserfluorescencia.

El sistema de fluorescencia láser (LF) que se usa para la exploración es el modelo 2095 DIAGNOdent® de Kavo (Kaltenbach&Voigt GmbH&Co, Biberach, Germany), Serie/nºSN-1131803 (figura 21). Las medidas eran tomadas por un operador (OP1) con experiencia clínica en el uso de LF. El operador fue calibrado antes del estudio de la siguiente manera: 25 primeros y segundos molares con caras oclusales macroscópicamente intactas (no incluidos en la muestra) eran medidos bajo condiciones clínicas por el examinador (OP1) y otro experimentado investigador (OP2). Cada operador tomaba dos medidas de cada molar. Los examinadores eran instruidos a examinar cada molar independientemente. El análisis de concordancia de kappa se empleó para determinar la reproductibilidad inter-examinador. El índice de kappa obtenido era de 0.85 (Kappa > ó = 0.80: acuerdo casi perfecto).

---

Antes del examen con LF los dientes eran lavados con un cepillo rotatorio (Nylon Brush 835, KerrHawe, Bioggio, Switzerland) y agua. El aparato de LF se calibraba con la pieza cerámica standard provista por el fabricante, siguiendo sus instrucciones. El valor standard para cada diente era establecido mediante la medición en un lugar sano del diente. En este caso elegíamos la superficie vestibular, con el fin de obtener un valor base. El examen de las fosas y fisuras se realizaba separando el labio y la lengua con el espejo y el aspirador, sin secar el diente para la medición en húmedo. Posteriormente, era evaluado bajo aislamiento parcial mediante rollos de algodón para la obtención de las mediciones en seco. Para estandarizar la humedad del diente, éste era secado durante 5 segundos. La punta cónica (Tipo A) se posicionaba en las fosas y fisuras y se exploraban a lo largo de toda la cara oclusal, inclinándola alrededor de la superficie a medir, es decir realizando movimientos rotatorios sobre cada punto para asegurar que capta la fluorescencia de las vertientes de las paredes de las fisuras. Tras rotar la punta a lo largo de su eje se anota la medida mayor.

El calibrado se repite antes de cada exploración y no lo repetimos para el mismo diente. Se realizan cuatro mediciones, dos en el diente húmedo y dos mediciones más tras el secado de las superficies. Una segunda persona anotaba las medidas, debido al hecho de que el examinador estaba blindado de los valores de la medición y del sonido del aparato. De las dos medidas tanto en seco como en húmeda hechas por el examinador, se promediaban.

---

**FIGURA 21.** Aparato de medición de la fluorescencia dental (Laserfluorescencia)

---



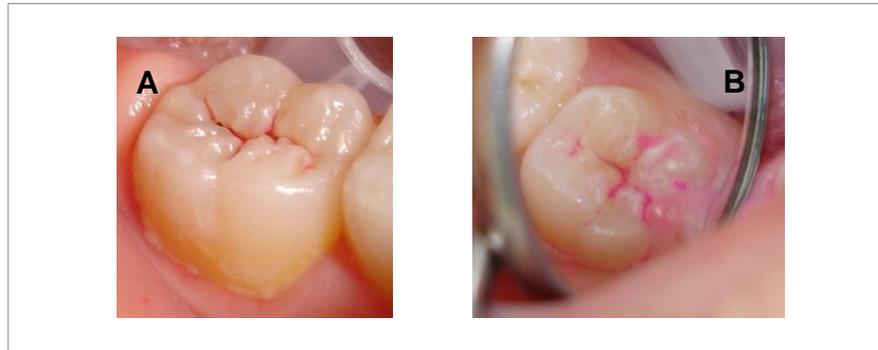
### **VIII. Tinción con colorante**

El área representada en el dibujo se teñía con una solución reveladora de caries, Caries Detector® (Kuraray Co.LTD.,Japon), compuesta por ácido rojo, propilenglicol y agua en su composición. Se aplica y se deja actuar durante 10 segundos, tras los que pasamos a lavar con agua abundante. Los resultados obtenidos los clasificamos en: Valor 0: cuando no existe tinción → *Tinción Negativa*; si la placa aparece de un color rosa suave: valor 1 → *Tinción Ligera* y si aparece teñida con un color rosa fuerte → valor 2 o *Tinción Severa* (figura 22).

---

**FIGURA 22.** Grados de Tinción positiva con colorante de los surcos y fisuras

---



**A.** Tinción ligera: Valor 1

**B.** Tinción severa: Valor 2

### **C. OPERADORES Y RECOGIDA DE DATOS**

El estudio está realizado por tres examinadores. El operador 1 (OP-1) selecciona la muestra y marca el área a estudiar en el dibujo destinado para ello. En la primera visita realiza la Inspección Visual seguida de la Inspección Visual con Magnificación, siempre por este orden. A continuación examina la fisura con laserfluorescencia según la descripción ya dada, aunque una segunda persona anota los resultados de las mediciones, permaneciendo el OP-1 blindado de estos resultados. A continuación realiza la tinción y la toma de fotografías. Posteriormente realizaba dos aletas de mordida que, dependiendo de la consulta donde se encuentre, eran con radiología convencional o digital. Estas radiografías ayudaban al diagnóstico pero no las valorará el operador 1 de la investigación. Posteriormente el OP-2 y OP3 son los encargados de valorar las radiografías, bien las aletas convencionales como las realizadas digitalmente, desconociendo totalmente el resto de los resultados de las pruebas diagnósticas realizadas. Se evaluaban de acuerdo a los criterios especificados

---

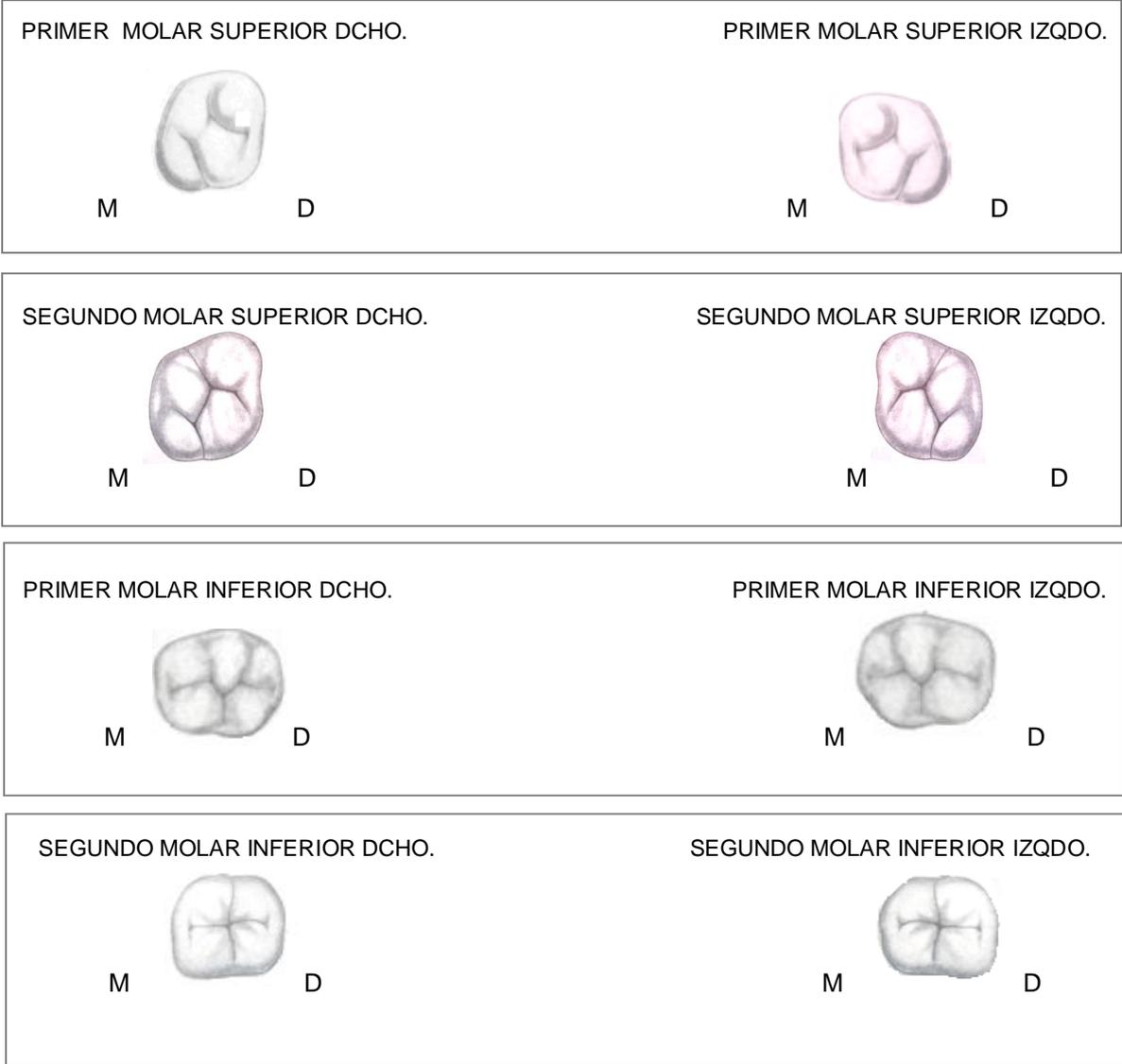
en el apartado anterior. Los operadores 2 y 3 hacían el diagnóstico de las radiografías realizadas por el OP1, aplicando los criterios Astvaldsdottir, Traneaus y Holbrook.<sup>53</sup> En una cita posterior para el tratamiento del molar (bien tallándolo para prótesis fija o para obturación) el OP-1 realizaba una nueva medición con laserfluorescencia que servirá para analizar la reproductibilidad intraoperador. En esta cita, el OP-1 analizaba mediante FOTI los molares del paciente objeto de estudio, blindado del resto de resultados. Lo hacía al principio, previo dique de goma colocado por la higienista.

Los investigadores que participan en el estudio son entrenados previamente sobre las técnicas diagnósticas, estudian los criterios aplicados para la Inspección Visual, como el criterio de Ekstrand, y acerca de la transiluminación y del método radiográfico. Así mismo son instruidos en el uso y principios la laserfluorescencia como hemos descrito anteriormente.

El sistema para la recogida de datos es una ficha, representada en la figura 23. En el reverso de las fichas presentamos un dibujo de cada diente para marcar en el diente de estudio el área o áreas a explorar. En cada ficha deberán recogerse los siguientes datos: Los valores que se obtienen en la Inspección Visual: valor Ekstrand con diente húmedo y seco, color del área explorada, profundidad e integridad de los surcos y fisuras. Para Inspección Visual con Magnificación se procede igual que para la IV. Para las lecturas de LF habrá dos mediciones para diente húmedo y dos para seco. Tras la Tinción de placa bacteriana el valor obtenido se incluye en la tabla. El valor obtenido de la transiluminación también quedará reflejado. Tras la inspección radiográfica, se recogen los valores obtenidos de la clasificación correspondiente, tanto para la radiografía convencional como para la digital.

**FIGURA 23. Ficha de recogida de datos**

NOMBRE Y APELLIDOS:		Nº HISTORIA:	
EDAD:		FECHA:	
RADIOGRAFÍA <input type="checkbox"/>	AREA <input type="checkbox"/>	FOTOGRAFÍAS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
<b>DIENTE HUMEDO</b>		<b>DIENTE SECO</b>	
<b>1ª MEDICIÓN KAVODIAGNODENT</b>			
FOTO-I.V.D.		I.V.D.-MAGN.-FOTO	
COLOR	SURCOS Y FISURAS	COLOR	
0:	NORMAL	:0	
1:	AMARILLO	:1	
2:	MARRÓN	:2	
3:	GRISACEA	:3	
FORMA		FORMA	
0:	LINEAL	:0	
1:	ABIGARRADA	:1	
PROFUNDIDAD		PROFUNDIDAD	
0:	SUPERFICIAL	:0	
1:	PROFUNDA	:1	
INTEGRIDAD		INTEGRIDAD	
0:	INTEGRA	:0	
1:	PUNTUALMENTE ABIERTA	:1	
2:	ABIERTA	:2	
<b>EKSTRAND</b>			
Sin cambios o pequeño cambio en esmalte tras secado de 5 s		:0	
Opacidad o decoloración difícil de ver en esmalte húmedo, pero sí tras secado:		:1	
Opacidad o decoloración en esmalte perfectamente visible sin secar		:2	
Fisura localizada en esmalte opaco o decolorado y/o decoloración grisácea de la dentina subyacente		:3	
Cavitación en esmalte opaco o decolorado exponiendo dentina		:4	
<b>TINCIÓN</b>			
NO TINCIÓN		:0	
TINCIÓN SUAVE		:1	
MARCADA		:2	
<b>2ª MEDICIÓN KAVODIAGNODENT</b>		Fecha:	
<b>FOTI</b>			
No distinguimos zonas de esmalte con distinta iluminación		:0	
Zona de esmalte superficial con distinta transmisión de la que el esmalte circundante		:1	
Zona de esmalte y en profundidad con alteraciones de transmisión de la luz		:2	
<b>RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL</b>		<b>DIGORA-DENSITOM.-mm</b>	
0:	NO CARIES (D <sub>0</sub> )	:0	
1:	CARIES ESMALTE (D <sub>1</sub> +D <sub>2</sub> )	:1	
2:	CARIES DENTINA SUPERFICIAL (D <sub>3</sub> )	:2	
3:	CARIES DENTINA PROFUNDA (D <sub>4</sub> )	:3	



**APERTURA**

- 1) KDD
- 2) NO CARIES  CARIES ESMALTE  DENTINA Superficial  DENTINA Profunda
- 3) PROFUNDIDAD SONDA  mm
- 4) FOTOGRAFÍAS  CARIES  TINCIÓN  FINAL

---

## D. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### D.1. VALIDACION DEL ESTUDIO “GOLD STANDARD”

El operador 1, era el encargado de abrir las fisuras sin y con sospecha de caries de los molares, no pudiendo estar blindado de la Inspección Visual, ya que necesariamente hay que mirar el diente para tratarlo. Sin embargo, del resultado del resto de las pruebas del estudio estaba blindado. Las fisuras eran cuidadosamente abiertas usando una fresa de fisurotomía #88914-314-007 set 4337 (Komet®, Lemgo, Germany). Para identificar clínicamente la caries, se usaba magnificación x 2.6 (Orasopic Dimension-3, Orasopic Research, Inc., WI, USA) cada vez que se pasaba la fresa por la fisura. Para establecer la existencia de caries se observaba si había pérdida de translucidez u opacidad visible tras o sin secado<sup>138</sup>. Una vez alcanzada la dentina se comprobaba la presencia o ausencia de caries de dentina con una sonda de punta aguda para explorar la dureza de la dentina. El criterio para determinar una dentina sana era que estuviera dura al explorarla con la sonda. Una vez eliminada la dentina con caries el punto final de la remoción era la presencia de dentina dura en ausencia de cualquier dentina blanda<sup>32</sup>. La extensión de la lesión era determinada de acuerdo con la siguiente escala, basada en los criterios de Ekstrand y cols.<sup>50</sup>

No caries (D<sub>0</sub>)- Sin cambios o pequeño cambio en esmalte tras secado de > 5 s en la inspección visual inicial o durante la fisurotomía.

Caries de esmalte (D<sub>1+2</sub>)- Opacidad o decoloración difícil de ver en esmalte húmedo, pero sí tras secado u opacidad o decoloración en esmalte perfectamente visible sin secar en la inspección visual inicial o durante la fisurotomía. En D<sub>0</sub> y D<sub>1+2</sub> la dentina debe estar dura al comprobar con la sonda.

---

Caries de dentina ( $D_{3+4}$ ) – dentina blanda al comprobar con la sonda.

Los dientes seleccionados como pilar de puente, eran tallados una vez abierta la fisura. En los dientes con sospecha de caries, al abrir la fisura, podíamos encontrar ausencia de caries y colocamos entonces un sellador o un composite flow. En los dientes cariados, una vez eliminada la caries eran restaurados con composite microhíbrido de alta carga o amalgama de plata.

## D.2. ANALISIS ESTADISTICO.

Realizamos un Análisis descriptivo de los datos obtenidos de las variables cualitativas relativas a las pruebas diagnósticas IV, IVM, Rx, RxD, Foti y Tinción. Para estas pruebas diagnósticas, los datos eran analizados para la caries oculta de dentina al nivel  $D_3$ , para ello establecíamos dos categorías ( $D_{0+1+2}$ ) y ( $D_{3+4}$ ).

Respecto a la laserfluorescencia, los valores cuantitativos de la LF eran categorizadas dentro de las tres categorías iniciales: diente sano, caries de esmalte y caries de dentina. Dado que la distribución de los datos presentaba una distribución no normal, se utilizaban test no paramétricos. La mediana y rango intercuartil eran calculados para ( $D_0$ ), ( $D_{1+2}$ ) y ( $D_{3+4}$ ). Para evaluar la existencia de significación estadística de las diferencias de los valores de las medianas de LF, se aplicó el test de Kurskall Wallis, siendo estadísticamente significativo cuando  $\alpha < 0.05$ . Para la prueba diagnóstica LF también se realizaban curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) al nivel  $D_1$  y  $D_3$ . Para la IV convencional también analizamos las 3 categorías.

---

Para calcular la exactitud o validez diagnóstica de las pruebas empleamos la Sensibilidad y Especificidad. Consideramos que una prueba es exacta si la Sensibilidad y Especificidad alcanzan el umbral de 0.8. También, para evaluar la seguridad de las pruebas, calculamos el Valor Predictivo Positivo (VPP), que es definido como la probabilidad de padecer la enfermedad si el resultado de la prueba es positivo; y el Valor Predictivo Negativo (VPN), que se define como la probabilidad de estar sano si la prueba es negativa. Para el diagnóstico de referencia, que evalúa la ausencia o presencia de enfermedad, utilizamos los resultados de la fisurotomía “Gold Standard”. En el caso de la LF, la Sensibilidad y Especificidad era calculada para todos los puntos de corte. Los puntos de corte que mostraban mayor rendimiento diagnóstico (suma de Sensibilidad y Especificidad), se seleccionaban y de ellos, se elegía el mejor punto de corte a nivel  $D_1$  y  $D_3$ . El criterio para la elección del mejor punto de corte era la mayor especificidad posible, sin pérdida substancial de sensibilidad en el total de la suma de ambas. Se hacía así para disminuir el costo de los falsos positivos en la medida de lo posible. Los datos eran analizados con el software del programa estadístico SSPS 14.0 (SPSS Inc, Chicago, IL).

---

## **IV. RESULTADOS**



---

## A. ESTUDIO DESCRIPTIVO

### A.1. MUESTRA

A continuación se exponen de forma descriptiva los resultados relativos a los datos de la muestra, en cuanto a: los **pacientes**, los **dientes** y **la validación**.

#### a. Pacientes

La muestra está compuesta por 57 **pacientes**, 25 hombres (44%) y 32 mujeres (56%) de entre 18 y 35 años de edad, con una media y desviación estándar que se describen la tabla 16.

**Tabla 16.** Media de edad y desviación standard (SD) de los pacientes de la muestra

---

57 Pacientes	Mínima	Máxima	Media	SD
<i>EDAD</i>	<b>18</b>	<b>35</b>	<b>26,04</b>	<b>9,82</b>

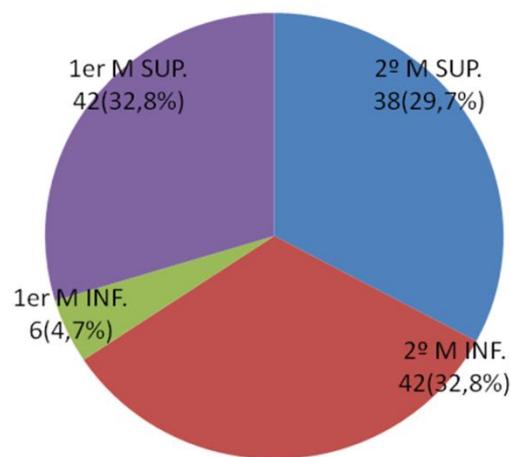
---

## b. Dientes

Se estudiaron 128 primeros y segundos **molares**, tanto superiores como inferiores. La distribución numérica y los porcentajes se muestran en la figura 24.

**Figura 24.** Número y porcentaje de 1<sup>os</sup> y 2<sup>os</sup> molares superiores e inferiores de la muestra

---



En la tabla 17 se muestran el número de las **áreas** estudiadas y su **localización** en la superficie oclusal de los dientes.

**Tabla 17.** Distribución de áreas estudiadas según su localización en el molar

---

AREAS MESIALES	AREAS DISTALES	AREAS CENTRALES
<b>36</b>	<b>47</b>	<b>45</b>
(28.1%)	(36,7%)	(35.1%)

En la tabla 18 se describen las características de las **fosas y fisuras** en cuanto al **color**, la **forma**, **integridad** y la **profundidad** observadas mediante Inspección Visual Directa e Inspección Visual con Magnificación con el diente seco.

**Tabla 18.** Color, forma, integridad y profundidad de las fisuras, según la Inspección Visual

COLOR	Amarillo	<b>34 (37*)</b> (26,6%)	INTEGRIDAD	Íntegra	<b>80 (71*)</b> (62,5%)
	Marrón	<b>32 (29*)</b> (25%)		Puntualmente abierta	<b>34 (40*)</b> (26,6%)
	Grisácea	<b>23 (27*)</b> (18%)		Abierta	<b>14 (17*)</b> (10,9%)
<b>Totales</b>		<b>89</b>	<b>Totales</b>		<b>128</b>
FORMA	Lineal	<b>116 (112*)</b> (90,6%)	PROFUNDIDAD	Superficial	<b>114(105*)</b> (89,1%)
	Abigarrada	<b>12 (16*)</b> (9,4%)		Profunda	<b>14 (23*)</b> (10,9%)
<b>Totales</b>		<b>128</b>	<b>Totales</b>		<b>128</b>

(\*) Corresponden a la Inspección Visual con Magnificación

### 3. Validación

Una vez realizada la validación de la muestra, mediante la apertura de las fisuras (Gold Standard), dio como resultado 29 molares sanos (22,6%), 20 molares

---

(15,6%) presentaban caries de esmalte y 79 molares caries de dentina (61,7%). Por lo tanto, 29 molares pertenecían a la categoría  $D_0$ , 20 molares a la categoría  $D_{1+2}$  y 79 molares a la  $D_{3+4}$ .

## A.2. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS

Para los resultados del número de lesiones correctamente diagnosticadas de los 79 molares con caries oculta de dentina (categoría  $D_{3+4}$ ), así como a los 49 dientes sin lesión en dentina ( $D_{0+1+2}$ ) hemos elaborado las tablas 20 a 25. En estas tablas, hacemos referencia a las **pruebas cualitativas**: Inspección Visual con Magnificación (IVM), Radiografía Convencional (Rx), Radiografía Digital (RxD), Transiluminación con Fibra Optica (FOTI) y Tinción con colorante. En el caso de la Inspección Visual, establecemos el número de lesiones correctamente diagnosticadas para las tres categorías de la lesión:  $D_0$  (sano),  $D_{1+2}$  (caries de esmalte) y  $D_{3+4}$ .

### I. INSPECCIÓN VISUAL

En la tabla 19 se muestran los resultados del diagnóstico de caries de surcos y fisuras mediante la IV, según los criterios de Ekstrand<sup>50</sup>, para las tres categorías de la lesión:  $D_0$ ,  $D_{1+2}$  y  $D_{3+4}$ .

**Tabla 19.** Distribución de la extensión de la lesión basada en la validación mediante fisurotomía y comparada con el diagnóstico de Inspección Visual(50): mediciones correctas, subestimadas y sobrestimadas

<b>Fisurotomía</b>				
	No caries	Caries Esmalte	Caries Dentina	<b>Total</b>
<b>IV= 0</b>	23	10*	13	<b>46</b>
<b>IV=1-2</b>	1 <sup>†</sup>	7	10*	<b>18</b>
<b>IV=3-4</b>	5 <sup>†</sup>	3	56	<b>64</b>
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>20</b>	<b>79</b>	<b>128</b>

(\*) Lesión subestimada (falso negativo)

(†) Lesión sobrestimada (falso positivo)

## II. INSPECCIÓN VISUAL CON MAGNIFICACIÓN

En la tabla 20 se exponen los resultados obtenidos del diagnóstico de caries cuando se emplea la IVM, aplicando los criterios de Ekstrand<sup>50</sup> a nivel D<sub>3</sub>, caries de dentina.

**Tabla 20.** Lesiones de caries de dentina correctamente diagnosticadas por la IVM

<b>Nº casos 128</b>	<i>Sanos Correctos (n=49)</i>	<i>Falsos Positivos</i>	<i>Enfermos Correctos (n=79)</i>	<i>Falsos Negativos</i>
<i>IVM</i>	<b>41</b>	<b>8</b>	<b>60</b>	<b>19</b>

---

### III. TRANSLUMINACIÓN CON FIBRA ÓPTICA

En la tabla 21 se exponen los datos obtenidos mediante la transluminación con fibra óptica, tras examinar la muestra a nivel de caries dentinaria.

**Tabla 21.** Lesiones de caries de dentina correctamente diagnosticadas mediante Foti

---

<b>Nº casos 128</b>	<i>Sanos Correctos (n=49)</i>	<i>Falsos Positivos</i>	<i>Enfermos Correctos (n=79)</i>	<i>Falsos Negativos</i>
<i>FOTI</i>	<b>49</b>	<b>0</b>	<b>37</b>	<b>42</b>

### IV. RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL

En la tabla 22 están los resultados de la exploración radiográfica convencional a nivel de caries de dentina (D<sub>3</sub>).

**Tabla 22.** Lesiones de caries de dentina correctamente diagnosticadas mediante Rx

---

<b>Nº casos 49</b>	<i>Sanos Correctos (n=19)</i>	<i>Falsos Positivos</i>	<i>Enfermos Correctos (n=30)</i>	<i>Falsos Negativos</i>
<i>Rx</i>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>13</b>

---

## V. RADIOGRAFÍA DIGITAL

En la tabla 23 están los resultados de la exploración radiográfica digital a nivel de caries de dentina ( $D_3$ ).

**Tabla 23.** Lesiones de caries de dentina correctamente diagnosticadas mediante RxD

---

<b>Nº casos 79</b>	<i>Sanos Correctos (n=30)</i>	<i>Falsos Positivos</i>	<i>Enfermos Correctos (n=49)</i>	<i>Falsos Negativos</i>
<i>RxD</i>	<b>29</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>19</b>

## VI. RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL + RADIOGRAFÍA DIGITAL

A continuación se exponen en la tabla 24 los resultados de la exploración radiográfica convencional+digital para las dos categorías  $D_{0-2}$  y  $D_{3+4}$ .

**Tabla 24.** Resultados de las lesiones de caries de dentina correctamente diagnosticadas mediante Rx + RxD

---

<b>Nº casos 128</b>	<i>Sanos Correctos (n=49)</i>	<i>Falsos Positivos</i>	<i>Enfermos Correctos (n=79)</i>	<i>Falsos Negativos</i>
<i>Rx + RxD</i>	<b>48</b>	<b>1</b>	<b>47</b>	<b>32</b>

---

## VII. TINCIÓN

Los resultados obtenidos respecto a las lesiones correctamente diagnosticadas, falsos positivos y negativos, tras realizar la tinción en los molares de la muestra se expresan en la tabla 25.

**Tabla 25.** Resultados de las lesiones de caries de dentina correctamente diagnosticadas mediante la Tinción con colorante de los surcos y fisuras

---

<b>Nº casos 128</b>	<i>Sanos Correctos (n=49)</i>	<i>Falsos Positivos</i>	<i>Enfermos Correctos (n=79)</i>	<i>Falsos Negativos</i>
<i>TINCION</i>	<b>29</b>	<b>20</b>	<b>41</b>	<b>38</b>

Respecto a las **Pruebas Diagnósticas Cuantitativas**, los resultados estarán referidos a las tres categorías de extensión de la lesión: Diente sano ( $D_0$ ), caries de esmalte ( $D_{1+2}$ ) y caries de dentina ( $D_{3+4}$ ).

## VIII. LASERFLUORESCENCIA

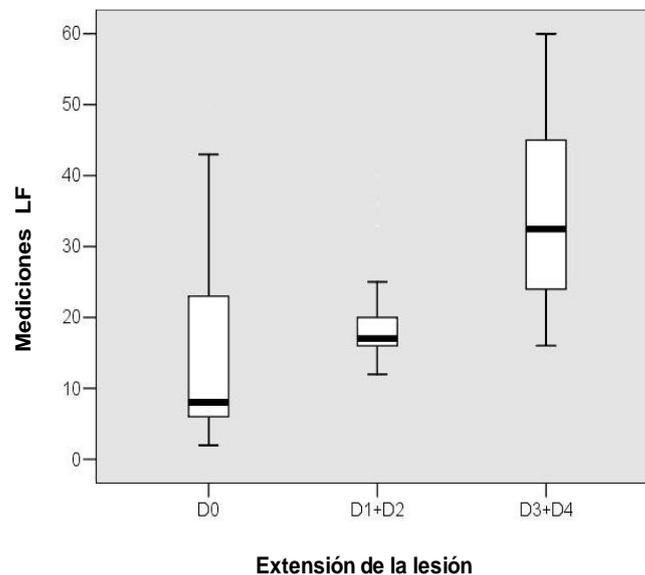
Para ilustrar la distribución de los valores de LF para las diferentes categorías de la lesión:  $D_0$ ,  $D_{1+2}$  y  $D_{3+4}$  (figura 25) se usó un diagrama de cajas. Los resultados

---

obtenidos de las mediciones de laserfluorescencia para el grupo  $D_0$  mostraron una mediana ( $m$ )=8 y un rango intercuartil de (IQR)=19 Para el grupo  $D_{1+2}$ , la mediana fue =17 y el IQR=4 y para la categoría  $D_{3+4}$ ,  $m=32.5$  y el IQR =21. La diferencia de medianas entre grupos fue estadísticamente significativa ( $p<0.001$ ) tras aplicar el test no paramétrico de Kruskal Wallis, excepto entre  $D_0$  y  $D_{1+2}$  ( $p=0.924$ ).

**Figura 25.** Distribución de los resultados de láser-fluorescencia (LF) en relación con el estadio de la caries: ( $D_0$ ): sano, ( $D_{1+2}$ ): caries de esmalte y ( $D_{3+4}$ ): caries de dentina. Diferencia entre categorías estadísticamente significativa:  $p < 0.001$ ; excepto entre  $D_0$ - $D_{1+2}$ :  $p = 0.924$  (Kruskal-Wallis)

---



La tabla 26 muestra la extensión de la lesión en relación con el diagnóstico de LF, con el número de lesiones correctamente diagnosticadas, número de falsos positivos y falsos negativos.

**Tabla 26.** Distribución de la extensión de la lesión basada en la validación por fisurotomía y comparado con el diagnóstico de laserfluorescencia: mediciones correctas, subestimadas y sobrestimadas

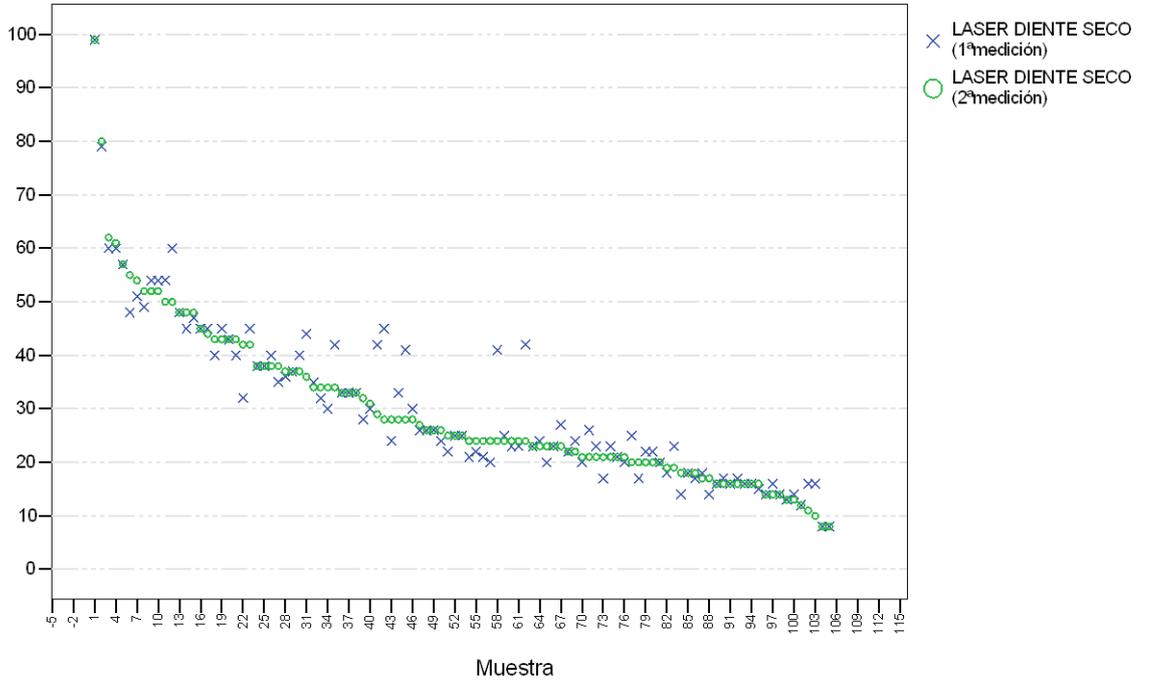
<b>Fisurotomía</b>				
	<b>No caries</b>	<b>Caries Esmalte</b>	<b>Caries Dentina</b>	<b>Total</b>
<b>LF ≤ 14</b>	18	2*	0	<b>20</b>
<b>LF &gt; 14-20</b>	6 <sup>†</sup>	14	10*	<b>30</b>
<b>LF &gt; 20</b>	5 <sup>†</sup>	4	69	<b>78</b>
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>20</b>	<b>79</b>	<b>128</b>

(\*) Lesión subestimada (falso negativo)

(†) Lesión sobrestimada (falso positivo)

La figura 26 muestra la Reproducibilidad de las mediciones entre la primera y la segunda medición en el diente seco. Se aplicó el índice de kappa (**k**) para obtener la concordancia entre ambas mediciones, el valor de **k** fue  $\geq 0.80$ , obteniendo un “*acuerdo casi perfecto*” entre ambas mediciones, según la escala de Landis y Koch<sup>82</sup>.

Figura 26. Primera y segunda medición con láser-fluorescencia en los molares de la muestra



---

## B. VALIDEZ Y SEGURIDAD DE LAS PRUEBAS

### DIAGNOSTICAS CUALITATIVAS Y CUANTITATIVAS

#### B.1. PRUEBAS DIAGNÓSTICAS CUALITATIVAS.

En la tabla 27, agrupamos los resultados anteriormente expuestos en las tablas 19 a 26 número de lesiones correctamente diagnosticadas por las pruebas cualitativas y número de falsos positivos y negativos.

**Tabla 27.** Rendimiento diagnóstico de las Pruebas Cualitativas

---

PRUEBA Nivel (D3= Caries de dentina)	Sanos Correctos (n=49)	Falsos Positivos	Enfermos Correctos (n=79)	Falsos Negativos
<b>Inspección Visual (n=128)</b>	41	8	56	23
<b>Inspección Visual Magnificación(n=128)</b>	41	8	60	19
<b>Transiluminación (n=128)</b>	49	0	37	42
<b>Rx Convencional (n=49)</b>	19/19	0	17/30	13
<b>Rx Digital (n=79)</b>	29/30	1	30/49	19
<b>Rx + Rx D (n=128)</b>	48	1	47	32
<b>Tinción (n=128)</b>	29	20	41	38
PRUEBA Nivel (D1=Caries de esmalte)	Sanos Correctos (n=29)	Falsos Positivos	Enfermos Correctos (n=99)	Falsos Negativos
<b>Inspección Visual (n=128)</b>	23	6	76	23

Con los datos de la tabla 27, calculamos la Sensibilidad, Especificidad, Valor Pronóstico Positivo (VPP) y valor Pronóstico Negativo (VPN) para la Caries de Dentina de cada prueba diagnóstica cualitativa, además para la IV calculamos estos valores para la caries de esmalte (tabla 28).

**Tabla 28.** Sensibilidad, Especificidad, Valor Pronóstico Positivo (VPP) y valor Pronóstico Negativo (VPN) de las Pruebas Diagnósticas Cualitativas

<b>PRUEBA Nivel (D3= Caries de dentina)</b>	<b>Sensibilidad</b>	<b>Especificidad</b>	<b>VPP</b>	<b>VPN</b>
Inspección Visual (n=128)	0.71	0.84*	87.5%*	64%
Inspección Visual Magnificación (n=128)	0.76	0.84*	88%*	68%
Transiluminación (n=128)	0.47	1*	100%*	54%
Rx Convencional (n=49)	0.57	1*	100%*	59%
Rx Digital (n=79)	0.61	0.96*	97%*	60%
Rx Convencional + Rx Digital (n=128)	0.59	0.98*	98%*	60%
Tinción (n=128)	0.52	0.59	67%	43%
<b>PRUEBA Nivel (D1= Caries de esmalte)</b>	<b>Sensibilidad</b>	<b>Especificidad</b>	<b>VPP</b>	<b>VPN</b>
Inspección Visual (n=128)	0.76	0.79	92,7%*	50%

(\*) Valores superiores a 0,80.

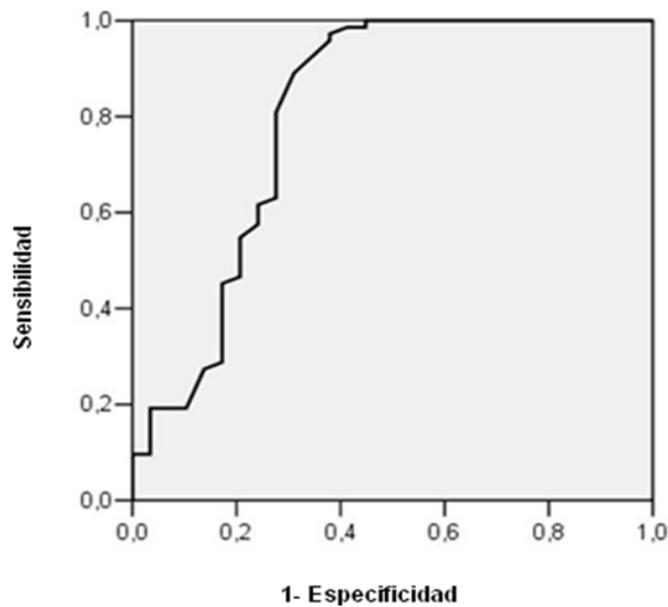
---

## B.2. PRUEBAS DIAGNÓSTICAS CUANTITATIVAS.

Para la LF se cálculo la Sensibilidad y Especificidad para todos los puntos de corte mediante las curvas ROC, tanto para el nivel D<sub>1</sub> (caries de esmalte), como para el nivel D<sub>3</sub> (caries de dentina). En la figura 27 se muestra la curva ROC a nivel D<sub>1</sub>.

**Figura 27.** Curva ROC para las medidas de láser-fluorescencia en D<sub>1</sub> (caries esmalte). El área bajo la curva (Az) es 0.811

---



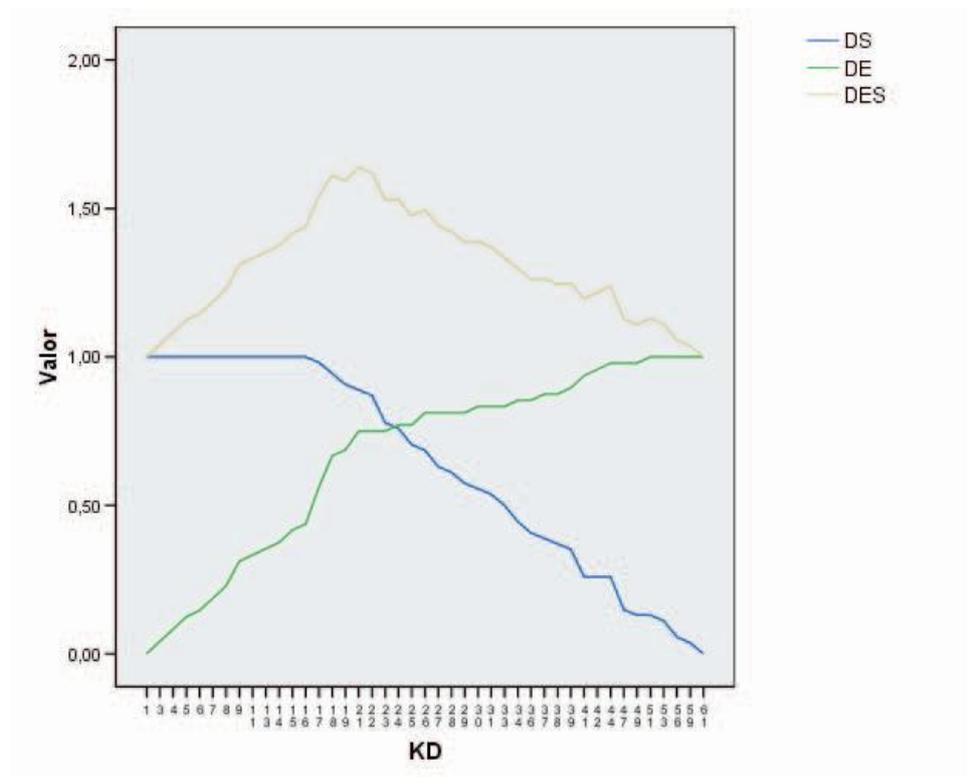
Para caries de esmalte (nivel D<sub>1</sub>), el mejor punto de corte para la LF fue 15 (Sensibilidad = 0.98, Especificidad = 0.62, Sensibilidad + Especificidad = 1.60). También calculamos la Sensibilidad y Especificidad para todos los puntos de corte a nivel D<sub>3</sub>,

---

siendo para caries de dentina el mejor punto de corte 20 (Sensibilidad = 0.87, Especificidad = 0.79, Sensibilidad + Especificidad = 1.66), mostrado en la Fig. 28.

**Figura 28.** Mejor punto de corte para caries de dentina: valor 20. Suma de Sensibilidad (DS=0.87) más Especificidad (DE=0.79) es igual a 1,66 (DES)

---

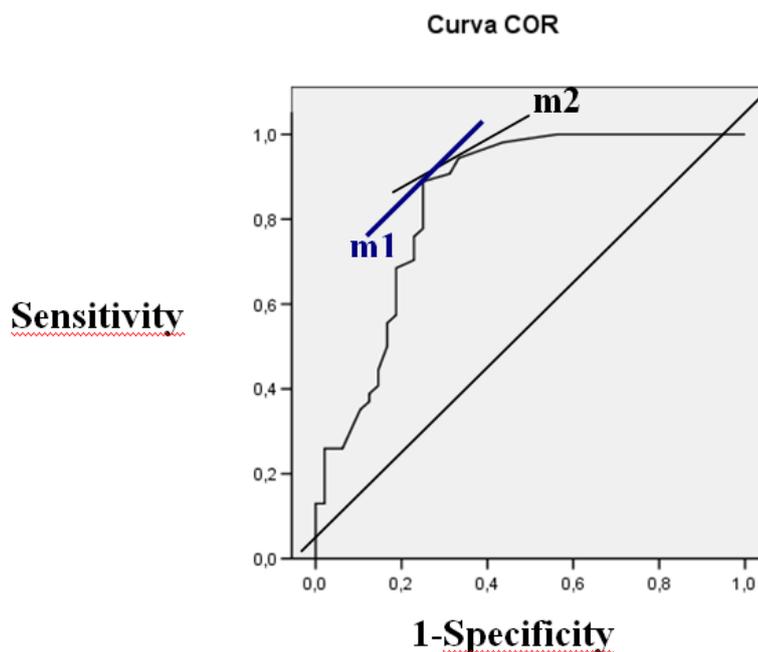


---

En la figura 29 se representa la curva ROC para la LF a nivel D<sub>3</sub>. Se estableció el mejor punto de corte para la curva ROC como Zweig<sup>139</sup>, donde el punto de corte m1 (valor 20) tiene mayor rendimiento diagnóstico y menor número de falsos positivos que para m2, y según la fórmula:  $m = (\text{falsos positivos} / \text{falsos negativos}) \times (1 - P/P)$ . Esto coincide con la Sensibilidad y Especificidad para el valor 20. El área bajo la curva a nivel D<sub>3</sub> (Az) fue 0,85.

**Figura 29.** Selección del mejor punto de corte según Zweig MH.<sup>139</sup> El punto en M1 (valor 20) tiene mayor rendimiento diagnóstico sin pérdida substancial de la especificidad

---



---

En la tabla 29 mostramos la Sensibilidad y Especificidad de la LF a nivel D<sub>1</sub> y D<sub>3</sub>, junto con el valor pronóstico positivo y el valor pronóstico negativo.

**Tabla 29.** Sensibilidad, Especificidad, Valor Pronóstico Positivo (VPP) y valor Pronóstico Negativo (VPN) de la laserfluorescencia (LF) para el diagnóstico de la caries no cavitada de esmalte y dentina

---

<b>PRUEBA</b>	<b>Sensibilidad</b>	<b>Especificidad</b>	<b>VPP</b>	<b>VPN</b>
LF caries de esmalte (n=128)	0,98*	0.62	89.8%*	90%*
LF caries de dentina (n=128)	0.87*	0.79	87%*	79%

(\*) Valor mayor de 0.8 indica exactitud / seguridad



---

## **V. DISCUSIÓN**



---

## A. DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA

Entre las **pruebas diagnósticas** existentes para detección de la caries de surcos y fisuras no cavitada, hemos estudiado aquellas que están **al alcance del Dentista**. Al ser un estudio clínico, los métodos diagnósticos que hemos empleado tienen una capacidad diagnóstica contrastada en la actualidad y por ello hemos huido de pruebas menos usuales o experimentales. Esto permite que los resultados de la investigación puedan ser aplicados al diagnóstico diario de esta patología. También, este diseño facilita la forma de llevarlo a cabo, tanto para el investigador como para el paciente.

La eficacia de estos métodos diagnósticos ha sido estudiada tanto en **investigaciones *in vivo*** como ***in vitro***. Ambas formas presentan problemas a la hora de llevar a cabo la investigación. Los estudios *in vitro* son realizados en mejores condiciones experimentales que los estudios *in vivo*, debido a la posibilidad de eliminar más fácilmente la placa bacteriana, la película adquirida, la saliva o la presencia de tejidos blandos<sup>50, 65</sup>. Además, estos estudios permiten una validación histológica de la lesión, obteniendo una determinación del grado de extensión más precisa<sup>36,50,65</sup>. Esto es una ventaja de los estudios *in vitro*, aunque la capacidad de distinguir hasta los más pequeños cambios, puede sobrevalorar el estadio.

Aún así, los resultados de los estudios *in vitro* no son aplicables a la clínica, ya que se ha demostrado que los líquidos desinfectantes donde están almacenados los dientes cambian las condiciones clínicas normales y afectan al diagnóstico<sup>59</sup>. Además, el no saber de donde provienen los dientes en los estudios *in vitro*, no permite conocer

---

las características de la boca y de los pacientes a los que pertenecen esos dientes, ni la edad de los dientes de la muestra.

Actualmente se han realizado investigaciones<sup>68,140</sup> con dientes congelados después de la extracción a menos 20°C, sin necesidad de medios químicos de conservación y se pueden eludir los inconvenientes del almacenamiento en los estudios *in vitro*. No obstante, los dientes utilizados en estos estudios *in vitro*, son habitualmente terceros molares que tienen una anatomía diferente a los primeros ó segundos molares<sup>59</sup> o premolares. La aplicación de resultados de estudios con terceros molares a primeros y segundos es discutida, debido a que el sistema de surcos y fosas es más pronunciado en primeros y segundos molares. Este hecho, puede causar una mayor proporción de caries oculta en 1<sup>os</sup> y 2<sup>os</sup> molares que en premolares o terceros molares<sup>59</sup> y los resultados presentan estos problemas al extrapolarse<sup>59,65</sup>.

En relación a los estudios realizados *in vivo*, el diagnóstico no se ve alterado por las condiciones del medio. El inconveniente está relacionado con la validación, ya que el número de dientes que puede ser validado es limitado<sup>48</sup>. Por razones éticas, no es posible analizar mediante fisurotomía dientes que se piensan que están sanos o tienen caries de esmalte. Los dientes sólo pueden ser validados mediante la apertura de la fisura donde se piensa que existe caries de dentina. Así, si realizamos este método de validación parcial no se pueden detectar falsos negativos, ni estudiar la caries de esmalte. El dilema para los investigadores surge porque: 1) si los dientes no validados son incluidos en el tamaño de la muestra, el número de caries ocultas de dentina será desconocido ya que éste método de validación no puede detectar falsos negativos<sup>36,50,63</sup>, o porque: 2) si estos dientes no validados son excluidos de la muestra, de acuerdo con Heinrich-Weltzien et al.<sup>59</sup>, la seguridad de la prueba diagnóstica será calculada con una muestra de dientes con una prevalencia cercana al 100% y con resultados de Sensibilidad y Especificidad no reales.

---

La situación ideal para la investigación, sería la que emplean algunos estudios<sup>65</sup> que han sido realizados con la misma muestra de dientes tanto *in vitro* como *in vivo*, comparando los resultados obtenidos. En los estudios que realizan investigaciones *in vivo* e *in vitro*<sup>58,65</sup> pueden medir *in vivo* y una vez extraídos, validarlos histológicamente. Estos estudios se realizan habitualmente con premolares que van a ser exodonciados por motivos ortodóncicos o con terceros molares. Con lo que no se elude la aplicación de resultados de premolares o 3<sup>os</sup> molares a 1<sup>os</sup>-2<sup>os</sup> molares. No obstante, este tipo de estudios es ideal para investigaciones en dientes primarios.

Por tanto, el estudio ideal sería medición *in vivo* y validación *in vitro*, pero en 1<sup>os</sup> y 2<sup>os</sup> molares. En el caso de esta investigación y debido al método de validación empleado, nos permite destacar el hecho de ser un estudio clínico "*in vivo*" que evita los errores de los estudios "*in vitro*" y al ser una validación completa de la muestra posibilita unos cálculos reales de Sensibilidad y Especificidad de las pruebas diagnósticas<sup>66</sup>. Al validar tanto dientes que "se creen sanos" como "con sospecha de caries de dentina", según la Inspección Visual, evitamos la posibilidad de falsos negativos. Además, está realizado en primeros y segundos molares. Por tanto, los dientes que pensamos que son sanos o con caries de esmalte, son incluidos en la muestra, pero no tenemos que asumir el "standard" proporcionado por la Inspección Visual en cuanto a la extensión de la lesión, sino que pueden ser validados mediante fisurotomía. Esta forma de validación, no ha sido empleada hasta ahora para el conjunto de las pruebas diagnósticas para caries no cavitada. Aunque, sí se ha hecho previamente para láserfluorescencia por los directores de esta investigación<sup>66,141</sup>.

En cuanto a la **selección de la muestra** del estudio, hemos obtenido una cantidad de casos suficientes y distribuida entre las categorías: (D<sub>0</sub>), (D<sub>1+2</sub>) y (D<sub>3+4</sub>). El nº de casos es suficiente si lo comparamos con otros estudios de similares características<sup>58,142-144</sup>. El estudio, se diseñó para analizar todas las pruebas

---

diagnósticas para las tres categorías. Sin embargo, excepto para la Inspección Visual, las pruebas cualitativas están muy lejos de distinguir entre tejido sano y caries esmalte, por lo que en la presentación de los resultados y discusión se decidió agrupar  $D_0$  y  $D_{1+2}$  para este tipo de pruebas.

La selección de los pacientes la realizamos a partir de encontrar a un candidato para el tallado de un molar, sin sospecha de caries de dentina, para prótesis fija. Para conseguir una muestra adecuada, en el mismo paciente seleccionábamos dientes con sospecha de caries de dentina para ser restaurados mediante obturación. Los criterios de inclusión y exclusión de los molares se realizan de acuerdo a los empleados en estudios previos<sup>65</sup> con el fin de evitar la inclusión de factores de confusión como pueden ser la hipoplasia, presencia de obturaciones o fluorosis entre otros. Sin embargo, el hecho de seleccionar los dientes mediante Inspección Visual puede tener una incidencia en el estudio de validez de esta prueba, que será discutido posteriormente. En el resto de las pruebas, esta forma de selección no tiene repercusión en los resultados.

Respecto al **“gold standard”** el criterio usado para distinguir entre dentina sana y cariada fue comprobar con un explorador la dureza de la dentina, de acuerdo con los estudios de Thylstrup,A<sup>71</sup> y Kidd,E.A<sup>32</sup>. Actualmente es el único criterio clínico aceptado internacionalmente por la comunidad científica, el color de la dentina no es un criterio válido<sup>32</sup>. La diferenciación entre caries superficial de esmalte  $D_1$  y profunda  $D_2$  es muy difícil, por no decir imposible, en condiciones clínicas. Por esta razón, no existe tal diferenciación en esta investigación. Esta limitación, tanto a nivel diagnóstico  $D_1$  como  $D_3$  no tiene repercusión en los resultados, ni en la aplicación clínica. Hay estudios<sup>14</sup> que diferencian entre caries de esmalte superficial y profunda y representan una información valiosa, desde el punto de vista de la investigación. En nuestro caso y debido a la aplicación clínica y práctica de esta investigación, no tiene repercusión en

---

cuanto a la categoría de diagnóstico, ni en cuanto a las recomendaciones terapéuticas. En consonancia con otros estudios, como el innumerablemente citado de Lussi<sup>63</sup>. Otra explicación, para unir D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub> es que en los estudios *in vivo* la fisurotomía tasa menos exactamente la extensión de la lesión<sup>45</sup>.

En esta investigación, mediante la Inspección Visual hemos estudiado las **características de los surcos y fisuras** de la muestra: el color del área explorada y la forma, profundidad e integridad de surcos y fisuras. La finalidad no era conocer su relación con el diagnóstico, sino para conocer el porcentaje de estas características en la muestra. Algunos de estos factores, pueden tener una incidencia en los resultados y otros autores hablan del porcentaje de fisuras teñidas, profundas, etc. Por tanto, es un dato que podemos emplear en la discusión de los resultados, en la parte de controversia con otros autores, para entender nuestros resultados y poderlos comparar. No obstante, son pocos los autores los que hacen referencia a estos datos en las características de sus muestras. En este sentido, la decoloración de la superficie del diente puede interferir en la detección de la caries, sobre todo cuando se mide la fluorescencia del diente. Cuando las fisuras están teñidas o manchadas, es posible que estas tinciones aporten una señal de fluorescencia extra que aumenta los valores de la medición y que no correspondan con la cantidad de porfirinas de la caries que actúan como fluoroforos<sup>111</sup>. Sheehy<sup>55</sup> encontró en su estudio clínico que la presencia de fisuras teñidas se asocia a lecturas altas de láserfluorescencia. En un estudio *in vitro*<sup>87</sup> en molares permanentes con fisuras marrón oscuras o negras la histología reveló que el 87% de estas fisuras eran caries de esmalte y sólo el 13% afectaban a dentina. Esto supone un incremento de falsos positivos<sup>58,87</sup>. En nuestro estudio el 25 % de los casos corresponden a fisuras marrones teñidas. Este dato es esencial aportarlo en la investigación para que otros autores puedan realizar una adecuada controversia en la discusión de los datos. En otros estudios sobre surcos y fisuras se describen formas

---

diferentes, referentes a la anatomía de las mismas, siendo relevante conocer la influencia de estas en la capacidad diagnóstica de la prueba. Lundberg<sup>21</sup> observa una relación de las medidas de fluorescencia con la profundidad de las fosas y con la colonización bacteriana. Concretamente, las medidas en las fosas centrales profundas son más variadas que en las fosas mesiales menos profundas, encontrando una interesante relación entre las medidas de fluorescencia y la colonización de Streptococo Mutans, pudiendo contribuir a ello la materia orgánica atrapada. Las lecturas de fluorescencia pueden ser utilizadas como monitorización en la evolución de los molares permanentes, aunque medidas iniciales altas no se deben tomar como predicción de caries<sup>21,57</sup>.

En cuanto a la inspección de las fisuras respecto a su forma e integridad, no hemos encontrado estudios en donde una fisura de una determinada forma u otra tenga más prevalencia de caries. Respecto a la integridad, es directa la relación con la invasión a dentina, tal como observamos en el diagnóstico que utiliza Ekstrand<sup>50</sup> y empleado como criterio en esta investigación. Este criterio debe ser utilizado rutinariamente en la Inspección Visual de la caries no cavitada (CNC). Aunque nos tememos que estos criterios son desconocidos por un gran número de dentistas. Para ello, es importante conocer los estudios de Thylstrup<sup>71</sup> en los cuales se basa Ekstrand<sup>138</sup> para crear sus criterios de detección de caries oclusal. Estos criterios son visuales y sirven para establecer el nivel de afectación de la dentina en la CNC. Para ello, cataloga a aquellas fisuras que presenten pequeña brecha en esmalte opaco, decolorado u oscuridad transmitida por la dentina subyacente como susceptibles de CNC. El uso de este tipo de criterios está indicado para la Inspección Visual y mejora la eficacia diagnóstica de esta prueba.

Los investigadores no indican en sus estudios habitualmente la distribución por **sexo** de la muestra. En aquellos que lo hacen<sup>54,104,142</sup>, no consideran esta variable en su

---

discusión. En nuestra investigación la proporción de hombres y mujeres es similar, al igual que en las investigaciones revisadas<sup>54,104,142</sup>. Respecto a la influencia de esta variable, solo encontramos datos en relación a diferencias en los hábitos de higiene, pero sin diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la incidencia de caries. No obstante, pensamos que el sexo no tiene influencia en cuanto a los resultados obtenidos, ya que no hay una diferenciación en la anatomía de los surcos y fisuras de los primeros y segundos molares entre hombres y mujeres. Por otra parte, la procedencia de los dientes y conocer el sexo, solo está al alcance de los estudios *in vivo*, ya que es desconocida en las investigaciones *in vitro*.

La **edad** ideal para estas investigaciones ronda los 7-8 o los 13-14 años, cuando ha pasado poco tiempo tras la erupción de los primeros o segundos molares definitivos. En nuestro caso, hubiera sido deseable una media más baja, ya que la caries oculta tiene su mayor prevalencia en adolescentes, concretamente entre un 10 y un 50%, según diferentes estudios<sup>16-18</sup> presentan CNC. No obstante, consideramos que la media de edad es adecuada y moderadamente joven, en relación a otros estudios<sup>14,58,66,120</sup>. En edades jóvenes no podríamos hacer el estudio, ya que habitualmente en adolescentes no se realizan tratamientos de prótesis fija, siendo necesario este requisito para la selección de esta muestra, dadas las características de este estudio. No obstante, la posible incidencia en el estudio de la media de edad está por debajo de los beneficios obtenidos, debido a la validación total de todos los casos de la muestra. En los estudios de la caries oclusal *in vivo*, tanto en niños como en adultos, el dato de la edad suele facilitarse. Concretamente revisamos artículos de caries oculta de dentina realizados en niños con una media de edad de 7 años<sup>55,57,122</sup>, de entre 10 y 13<sup>86</sup> y de 16 años<sup>104</sup>, y en adultos, con medias de 19 años<sup>59,63,76,142</sup> o con intervalos de edad más amplios entre 18 y 25<sup>83,130</sup>, 18 y 30<sup>14,120</sup> o 18 y 35 años<sup>58</sup> entre otros. Pero en ninguno de ellos hay una validación de los dientes sin sospecha de caries, como en nuestra investigación. Hemos

---

encontrado estudios<sup>13,17</sup> relacionando la prevalencia de CNC con la edad, sin embargo, de la influencia de la edad en las características de la caries o de su diagnóstico no hemos encontrado ninguno. Realmente, el dato importante es la edad del diente y deberíamos referirnos a ello, ya que no es igual tratar un primer molar en un paciente de 18 años, en el que el diente tendría en boca 12 años, que un segundo molar que tendría 6. También, realizar el estudio en mayores de edad facilita la investigación en cuanto al consentimiento informado.

Respecto a la dentición, estudios *in vivo*, concluyen<sup>145</sup> que hay influencia en las medidas de la LF si se realiza en dientes temporales o en definitivos. Las mediciones en **dientes deciduos** son más bajas que para **dientes permanentes**. La mayor porosidad del esmalte dispersa la luz disminuyendo la fluorescencia. Por otra parte, la mayor delgadez del esmalte de dientes deciduos<sup>87</sup>, enmascara menos la fluorescencia de la dentina<sup>87</sup>, incrementándose así las medidas en las zonas donde la transparencia del esmalte es visible<sup>145</sup>. Es decir, que la edad del diente y el grado de maduración pueden tener influencia en las medidas ya que hay un cambio en la relación del contenido orgánico/inorgánico del diente. Sin embargo, este aspecto no está del todo dilucidado, siendo objeto de posibles estudios futuros. En estudios *in vivo* sobre primeros y segundos molares recién erupcionados no se encontraron diferencias, sugiriendo que las medidas no están influenciadas por el grado de maduración ni por los grupos de edad<sup>57</sup>, aunque otros estudios<sup>21</sup> sí describen un incremento de las medidas con la edad.

Respecto a la **proporción de primeros y segundos molares**, es equilibrada cuando la comparamos con otros estudios clínicos<sup>54-56,120,130,142</sup>, al igual que la proporción de molares superiores e inferiores. Hay menos primeros molares inferiores porque es el molar que posiblemente se pierde antes, siendo el segundo molar inferior el que con más frecuencia se ha seleccionado en la categoría sano o con caries de

---

esmalte. No obstante, en relación a la diferencia entre los surcos y fisuras de los primeros y segundos molares, en cuanto a la CNC, no hay estudios que especifiquen distintas prevalencias. Sí es diferente sin embargo para premolares y terceros molares<sup>36,59</sup>.

En nuestra investigación se muestra una proporción equivalente en la distribución de la caries respecto a **la localización en las fosas**, si bien algo menor en las mesiales. Los autores en general no diferencian en sus estudios la localización de caries según las fosas. Además, no hemos encontrado ningún estudio que contemple una influencia de la fosa en relación con la mayor o menor eficacia diagnóstica de los diferentes métodos. Si bien, en investigaciones de laserfluorescencia, algunos estudios han observado un incremento en los valores de dicha prueba diagnóstica en la fosa central<sup>12</sup> y distal<sup>12</sup> de los primeros molares permanentes, relacionada con una mayor incidencia de caries.

Como **estadísticos** usamos la Sensibilidad, la Especificidad y las curvas ROC (*Receiver Operating Characteristic*) en el caso de variables cuantitativas. Aunque desde el punto de vista matemático el Análisis de las curvas ROC es más completo ya que considera todos los posibles puntos de corte, desde el punto de vista de la práctica clínica un punto de corte puede ser considerado como determinante en la decisión de una terapia o no. Por tanto, consideramos a la Sensibilidad y Especificidad una buena herramienta para la evaluación de estas pruebas diagnósticas.

Para la elección de un determinado punto de corte tiene importancia la Sensibilidad y Especificidad de la prueba. En este sentido, podemos elegir una mayor Especificidad a costa de bajar la Sensibilidad, depende de las características diagnósticas que queramos para la prueba. La prevalencia juega un papel importante, ya que si queremos una prueba muy sensible, tendremos mayor proporción de falsos positivos. En países industrializados con la disminución de la prevalencia y una

---

progresión lenta de la caries<sup>45</sup>, el número de dientes cariados en la población es más baja. Así, en muestras con pocos casos de enfermedad un falso positivo es un error mayor desde el punto de vista del porcentaje, que en muestras con una prevalencia alta. Es decir, con baja prevalencia de caries, se toleran mejor los falsos negativos comparados con los positivos<sup>45</sup>, por lo que en estos casos debemos intentar que el punto de corte mantenga una alta Especificidad.

**Los operadores** no deben conocer los resultados de algunas de las pruebas diagnósticas, para evitar que pueda influir en el diagnóstico, sobre todo con las pruebas cualitativas, que tienen interpretaciones subjetivas. El operador 1 (OP-1) de esta investigación es el que realiza la medición mediante LF, pero está blindado del valor de las mediciones, tal como se realizan en otras investigaciones. Así mismo, en nuestro estudio, las radiografías ayudaban a tomar la decisión de apertura de la fisura, pero para la investigación son valoradas por el OP-2 y OP-3, desconociendo totalmente el resto de los resultados de las pruebas diagnósticas realizadas. Para la FOTI se realizaba por el OP-1, pero en una segunda cita. Habitualmente, los dientes para tallar correspondían a sanos o con caries de esmalte y el resto tenían sospecha de caries. Para evitar esta influencia antes de la FOTI, se colocaba un dique de goma por el Higienista Dental. Los estudios realizados con pruebas diagnósticas subjetivas, además de suponer en este sentido una limitación, deben cuidar el modo de actuación de los operadores que participan; siendo recomendable varios operadores en este tipo de estudios o la ayuda del personal auxiliar, con el fin de evitar sesgos en la investigación.

---

## B. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

**La Inspección Visual** es el método diagnóstico tradicional normalmente usado para la exploración clínica de la caries dental. Es un método diagnóstico con una larga historia, sin embargo como limitación tiene que es subjetivo y depende de la experiencia del profesional<sup>10,12,64</sup>, teniendo habitualmente una baja Sensibilidad y alta Especificidad<sup>41,42,146</sup>. Su baja Sensibilidad se explica debido a que no podemos ver lo que hay bajo un esmalte que aparentemente está sano. Esta prueba muestra una Sensibilidad entre el 62% y el 90% cuando hay cavidades visibles en las fisuras. Sin embargo, en caries ocultas de dentina diversos estudios<sup>41,42,146</sup> informan de Sensibilidades tan bajas como del 12%.

Una de las limitaciones de las investigaciones sobre IV es que la mayoría de los estudios han sido realizados *in vitro*. En nuestro estudio *in vivo* obtenemos una Sensibilidad de 0,76 y una Especificidad de 0,79 para caries de esmalte (nivel D<sub>1</sub>). Para caries de dentina los resultados fueron 0.71 de Sensibilidad y 0.84 de Especificidad. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos en aquellas investigaciones que emplean los criterios de Ekstrand<sup>50</sup>, y secan el diente para la exploración<sup>63,65,67,86,142</sup>. Cuando se evalúan la aplicación de estos criterios tanto en estudios *in vitro*<sup>50,83,111</sup> como *in vivo*<sup>67,72</sup>, se observa esta tendencia a aumentar la Sensibilidad, sobre todo a nivel de caries de esmalte<sup>65</sup>. Opuestamente, algunos estudios no llegan a estas conclusiones<sup>76</sup>. Lussi<sup>126</sup>, en un estudio *in vivo* obtiene valores bajos de Sensibilidad para caries de dentina de 0,31 y valores algo más altos para caries de esmalte (0,62) y concluye en su estudio que la Inspección Visual no consigue una buena Sensibilidad para detectar la caries oclusal de dentina. Los estudios precedentes *in vivo*, tienen el inconveniente que no han validado completamente la muestra o corresponde a terceros molares o premolares. La diferencia entre metodologías explica

---

los resultados tan dispares. Nosotros pensamos que nuestros resultados son mayores que en la realidad. Si bien, cuando se siguen los criterios de Ekstrand<sup>50</sup> por examinadores experimentados, deben ser más altos que los de Lussi<sup>126</sup>. En este sentido, como hacíamos referencia en la parte de la discusión sobre la metodología, nosotros necesitábamos proveernos de una suficiente cantidad en la muestra de dientes sanos o con caries de esmalte. Por eso, intencionadamente los 40 primeros pacientes se seleccionaban en el caso de que el diente para tallar, perteneciera claramente a la categoría sano o con caries de esmalte. Así, es posible que exista una Sensibilidad y Especificidad alta debido a esta circunstancia. A partir de garantizarnos una proporción adecuada en estas categorías, fuimos más laxos en este criterio. Podemos observar, que en los resultados de esta publicación pendientes de publicación con 46 pacientes y 96 casos<sup>141</sup>, la Sensibilidad era de 0,83 y la Especificidad 0,89 a nivel D<sub>1</sub>. A partir de no ser estrictos en esta selección, con 128 casos la Sensibilidad y Especificidad han bajado. Los estudios de Inspección Visual son cuantiosos, es una prueba que vamos a seguir empleando. Sin embargo, lo importante es determinar ¿qué pruebas son de ayuda? y ¿en qué medida? para ser utilizadas como coadyuvantes de la IV. Este es el valor de esta investigación, con un cálculo real sobre una muestra totalmente validada *in vivo*. Siguiendo con los aspectos que pueden mejorar el rendimiento diagnóstico de la IV.

Cuando se seca el diente, se disminuye el índice de refracción de los espacios interprismáticos de 1.33 (en superficies desmineralizadas húmedas) a 1.0 (en superficies desmineralizadas secas) lo que hace visible claramente el aspecto opaco del esmalte ante las lesiones producidas por los ácidos de la placa<sup>70</sup>. De la misma forma que se ve claramente en la desmineralización que producen los ácidos de grabado del esmalte, que vemos cuando lo secamos. Por tanto, es obvio, que debemos secar el esmalte para ver esta lesión. Tenemos que cambiar la imagen del Dentista con el espejo y la sonda de caries por verlo con el espejo y la jeringa aire-agua. En estudios

---

sobre el esmalte<sup>138</sup>, se demostró que la pérdida de la translucidez normal del mismo, bien después o antes de secar, es indicativa del inicio de la caries. En la clasificación de Ekstrand<sup>50</sup> en el diagnóstico de la lesión, los estadios 3 y 4 indican invasión de dentina, bien por visualizar la ruptura de la fisura o porque a través del esmalte se ve la coloración de la dentina afectada. Así, una consideración para aumentar la Sensibilidad de la prueba es la aplicación de estos criterios, que son poco conocidos y empleados. Actualmente existen otros sistemas importantes de Inspección Visual que se usan de manera meticulosa: criterio de Nyvad (1999)<sup>33</sup>, ICDAS (Internacional Caries Detection and Assesment System 2007)<sup>147</sup> y UniViSS (Universal Visual Scoring System for Caries Detection and Diagnosis)<sup>148</sup>. En 2004<sup>149</sup>, en el Seminario Internacional de ensayos clínicos de caries (ICW-CCT) establecen una nueva clasificación de la detección de caries respecto a la actividad de la lesión e incluyen dos nuevos paradigmas para diferenciar el inicio de la caries y su progresión, con lo cual incorporan dos nuevos niveles: lesión incipiente D<sub>1</sub> y diente cavitado D<sub>2</sub>. Pero la realidad es que detectar varios estadios en caries incipientes sólo es posible en condiciones óptimas<sup>75,138</sup>. Pueden servir de ayuda los estadios de clasificación de Ekstrand<sup>50</sup> diferenciando opacidad visible tras un secado prolongado o visible sin secar, para observar los primeros cambios detectables sin pérdida de continuidad.

Cuando realizamos la Inspección Visual en nuestra investigación, analizamos detenidamente la forma e integridad de las fisuras, aunque no encontramos una relación directa entre la morfología y la Sensibilidad. Lussi<sup>37</sup> no encontró tampoco una relación importante entre la morfología de las fisuras y la Especificidad. Aunque resultó más fácil detectar caries de esmalte en fisuras anchas (Sensibilidad = 0,80) que en estrechas (Sensibilidad = 0,52). Para caries de dentina la Sensibilidad fue del 0,31 para fisuras anchas y del 0,04 en las estrechas. A la hora de interpretar los resultados, hay que tener en cuenta que las tinciones en la superficie del diente, como por ejemplo las manchas de fluorosis, enmascaran una posible lesión, disminuyendo la Sensibilidad<sup>37</sup>.

---

Según Costa<sup>86</sup>, en un estudio *in vivo* la Inspección Visual mostró una proporción alta de falsos negativos, lo que quiere decir que pueden quedar sin tratar caries de dentina<sup>86</sup>. En nuestro estudio, a pesar de elegir casos que claramente no habían invadido dentina para asegurarnos suficientes casos en la categoría D<sub>0</sub> y D<sub>1+2</sub>, lo cual incide sobre un menor número de falsos negativos; seguimos obteniendo una Especificidad mayor que la Sensibilidad y un alto valor pronóstico positivo (VPP). Habitualmente la IV tiende a no detectar la caries oculta de dentina y a tener un número alto de falsos negativos. Sin embargo, su Especificidad alta, junto con alto VPP insta a abrir todas las fisuras en la escala 3 y 4 de Ekstrand<sup>50</sup>. Pero no tenemos la seguridad de que no exista caries oculta con un diagnóstico negativo (VPN=64%). El diagnóstico de la IV junto con otras pruebas y las revisiones periódicas, debe ser la conducta a seguir cuando nos encontramos ante diagnósticos negativos. Las dificultades mayores para la IV son las fisuras profundas o teñidas que dificultan la exploración y la observación de la dentina a través del esmalte. El empleo de la sonda está formalmente contraindicado en la exploración de la caries oculta de dentina, expuesto en la introducción de este trabajo. El Dentista sólo debe utilizarla para quitar restos de la cara oclusal que dificulten la inspección.

Respecto a la comparación de la IV con otros métodos, Attrill y Ashley<sup>81</sup> compararon la LF, IV y la Rx, concluyendo que la LF fue el método más preciso y la Rx el menos eficaz para detectar la caries oclusal de dentina. Sin embargo Burin et al.<sup>91</sup>, en su evaluación del rendimiento de estos tres métodos diagnósticos, mostraron que la IV fue igual de válida que la LF y mejor que la Rx para el diagnóstico de caries oclusal. En otro estudio<sup>150</sup> la Sensibilidad y Especificidad de la IV y Rx fue inferior que la de LF. En este estudio, la correlación de LF con extensión de la lesión fue mejor que para la IV y la Rx. En esta investigación muestra más Sensibilidad la LF que la IV, siendo la Rx la menos sensible. Contrariamente la más específica es la Rx, teniendo la IV más específica que la LF.

---

Es importante que el Dentista vaya familiarizándose con este método de exploración y no se deje llevar por fisuras teñidas superficialmente, que no cumplen los criterios especificados y pueden conducir al sobretratamiento. La prevalencia de la caries y el riesgo potencial del paciente son aspectos importantes que hay que considerar. Una baja prevalencia de caries y molares con buena higiene y sin placa aumentan la seguridad de la prueba, ya que el número de casos incorrectamente diagnosticados tienen una menor probabilidad. Nos inclinamos hacia la Inspección Visual con criterios específicos como los de Ekstrand<sup>50</sup> como primer método diagnóstico de elección, en conjunción con el resto de métodos para la inspección rutinaria de la caries no cavitada, como iremos discutiendo. La IV a nivel D<sub>1</sub> (tejido sano-caries de esmalte) será discutida junto con la LF a este nivel.

La **Inspección Visual con Magnificación** participa de todos los criterios y argumentos expresados para la Inspección Visual sin Magnificación. Si los criterios aplicados son ciertos y mejoramos la visión, cabría esperar que la IVM mejore los resultados de la IV y así lo observamos con un aumento de la Sensibilidad (de 0,71 a 0,76) y manteniendo la especificidad en 0,84. Estos resultados coinciden con los de otros estudios<sup>37,72</sup>, donde la IVM mejora a la IV convencional, pero sin una diferencia estadísticamente significativa. Lussi<sup>87</sup> en su estudio en dientes deciduos obtiene una Sensibilidad moderada de 0.65 y una alta Especificidad de 0.96. Con un valor predictivo positivo de 96% y negativo de 78%, mejora los resultados para la Inspección Visual sin Magnificación. En nuestro estudio, la Inspección Visual con Magnificación facilita la visión de la discontinuidad de la fisura y las zonas marrón-grisáceas dentinarias a través del esmalte. Es decir, observamos mejor el estadio 3 de Ekstrand<sup>50</sup> con el que podemos diagnosticar la caries oculta de dentina. Además, facilita la visión de algunas fisuras profundas y de forma abigarrada. Sin embargo, esta apreciación visual, no se refleja claramente en el rendimiento diagnóstico de la prueba, dado el escaso aumento de la Sensibilidad. En los primeros molares permanentes según

---

Lundberg<sup>21</sup> se observa una relación entre la profundidad de las fosas y la colonización bacteriana. Concretamente, las fosas centrales son más profundas y variadas en su morfología que las fosas mesiales menos profundas. Existe una interesante relación de las fisuras centrales con la colonización de *Streptococo Mutans*, pudiendo contribuir además la materia orgánica atrapada a mayor desarrollo de caries oculta<sup>21</sup>. En este sentido, la IV a pesar de la magnificación está lejos de detectar estos hallazgos etiopatológicos. Así, una evolución en los métodos de diagnósticos visuales o la conjunción con otras pruebas diagnósticas es necesario para descubrir estos estadios iniciales de la caries. Como conclusión y en consonancia con los estudios realizados por Forgie<sup>151</sup>, sobre el uso de la Magnificación 3,25x en relación a otras técnicas diagnósticas, la IVM es altamente recomendada para el diagnóstico de la caries oclusal no cavitada.

La **Transiluminación por Fibra Óptica** es un método cualitativo que se comenzó a usar a partir de la década de los setenta<sup>9,96</sup>. Es un método eficaz para el diagnóstico del Síndrome del diente Fisurado<sup>152</sup> o para el diagnóstico de caries de superficie proximal<sup>60,103</sup>. Sin embargo, es poco empleado para el diagnóstico de caries oculta de dentina. En las caries de surcos y fisuras faltan estudios que constaten su rendimiento diagnóstico, precisión y reproducibilidad<sup>9,97</sup> y en general hay pocos estudios con transiluminación<sup>38,111</sup> o se tratan de estudios *in vitro*<sup>103,111</sup>.

En nuestro estudio muestra la más baja Sensibilidad de las pruebas diagnósticas investigadas. Estos resultados están de acuerdo con otros estudios<sup>38,103,114</sup>, donde encuentran una Sensibilidad incluso inferior que para la radiografía. Sin embargo, estos estudios atribuyen un mejor comportamiento a la transiluminación que a la radiografía convencional en la detección de caries inicial de dentina. Cuando la caries ha progresado en la dentina es significativamente inferior a la radiografía convencional<sup>114</sup>. Verdonschot y cols.<sup>38</sup> comparan varios métodos diagnósticos de la CNC en un estudio *in vivo* donde encuentran muy baja Sensibilidad (0.13) y una alta Especificidad (0.99)

---

para la FOTI. Nuestro estudio está en la línea de estos resultados, ya que tiene una Sensibilidad muy baja ,0.47 y una Especificidad de 1. Otros estudios<sup>12</sup> también muestran esta mayor Especificidad para la FOTI que para la Rx. Cortés<sup>103</sup> en un estudio *in vitro* compara varios métodos diagnósticos para la CNC, describiendo una mayor Sensibilidad que Especificidad de la FOTI, pero para el diagnóstico de caries de esmalte. Sin embargo, indica una mayor Especificidad a nivel de dentina y una buena correlación de la FOTI con la validación histológica. En esta investigación, no hemos sido capaces de valorar este método para caries de esmalte, por lo que optamos en analizarlo solo a nivel de dentina. Entre sus limitaciones hay que tener en cuenta que se trata de un método subjetivo y por ello encontraremos resultados dispares, según la interpretación de cada operador. Esto explica los resultados obtenidos respecto al valor predictivo negativo (54%) con 42 falsos negativos y justifica a su vez el valor predictivo positivo (100%) sin falsos positivos. Este método con una fuente adecuada de luz, operadores experimentados y una adecuada técnica quizás tendría un rendimiento diagnóstico mayor, como podemos observar en las imágenes de diferentes estudios<sup>9,10</sup>. No obstante, el hecho de que no sea un método empleado habitualmente por el Dentista, no recomendado como método de elección y la escasez de investigaciones, nos ponen en la pista de que inconvenientes similares a los que nosotros hemos encontrado sean la causa de estas consecuencias. En el caso de ser empleado, su mayor valor es el VPP, ante cualquier lesión encontrada, casi seguro que existe.

En resumen, la FOTI en combinación con la Inspección Visual puede ser útil para determinar la profundidad de la lesión oclusal<sup>111</sup>, aunque son necesarios más estudios *in vivo*. Mientras que estos estudios se produzcan, en nuestra opinión la transiluminación no debe ser usada para el diagnóstico de la caries oculta de dentina por su baja Sensibilidad y mostrar peores resultados que la radiografía. Sin embargo, hay que tenerla en cuenta en conjunción con la Inspección Visual en aquellos pacientes a los que no se les puedan realizar radiografías.

---

La inspección clínica se completa con el **estudio radiográfico**. La radiografía de aleta de mordida es de elección para el diagnóstico de las caries de superficie proximal<sup>9,40</sup>, aunque también puede ser útil en el diagnóstico de las caries oclusales de dentina. La lesión desde el punto de vista histológico está más avanzada que en la apariencia radiográfica<sup>96,153</sup>, lo que justifica su baja Sensibilidad. La Sensibilidad en nuestro estudio es del 0.57, lo que supone muchas lesiones sin diagnosticar. Sin embargo la Especificidad es muy alta. Estos resultados indican que con una radiografía negativa no podemos descartar una caries dentinaria, pero una radiografía con diagnóstico positivo implicará la apertura de la fisura y tratamiento de la caries. Los estudios revisados<sup>36,41,58,76,143</sup>, tanto *in vivo* como *in vitro*, reflejan una baja Sensibilidad y valores altos de Especificidad, en concordancia con nuestro estudio. Sólo en estudios realizados en terceros molares<sup>40,58</sup>, muestran una menor Especificidad, que puede deberse a la dificultad de posicionar correctamente las radiografías en esta zona.

Principalmente la dificultad radica en distinguir caries entre esmalte profundo y dentina superficial<sup>111</sup>. Esta limitación se debe a la superposición del esmalte sano vestibular y lingual que enmascara la radiolucidez, sobre todo en lesiones iniciales y no permite distinguir la caries de dentina. Normalmente la lesión de caries no puede verse en radiografía hasta que no pasa unos 0,5mm la unión amelodentinaria<sup>13</sup>. Aún con esta dificultad, Cortés<sup>111</sup> muestra en estudios *in vitro*, buena correlación con la histología.

Estudios *in vitro* muestran que una vez se observa la caries oclusal en Rx, la desmineralización se ha extendido al tercio medio de la dentina, es decir a la dentina profunda<sup>99</sup>.

En otros estudios para caries de dentina, la Rx tuvo una buena capacidad diagnóstica<sup>103</sup> comparado con el resto de las pruebas. Para Wenzel<sup>40,42</sup>, la Rx es un método adecuado para la detección de caries oclusal de dentina no cavitada en poblaciones con una alta prevalencia de caries, aunque no deja de ser una imagen en un plano de una estructura tridimensional<sup>154</sup>. Weerheijm<sup>19</sup> destaca la importancia de la

---

Rx en el diagnóstico de caries oculta de dentina, no es muy útil en el diagnóstico de caries oclusal incipiente, sin embargo es un arma de gran ayuda para el diagnóstico de lesiones más profundas. Este método mejora en un 11% la capacidad diagnóstica de la IV y además ayuda en la valoración de la extensión de la lesión<sup>75</sup>. Wenzel<sup>108</sup> sugiere que el diagnóstico *in vitro* puede ser mejor que los estudios clínicos y por tanto la interpretación de los resultados obtenidos en laboratorio pueden estar sobrevalorados. Para Hintze y Wenzel<sup>155</sup> en un estudio *in vivo*, tanto para caries oclusal como interproximal, los resultados podían equipararse con los obtenidos *in vitro*. Respecto al valor predictivo de este método, en nuestra investigación, el VPP de la radiografía convencional fue del 100%, lo cual quiere decir que un diagnóstico positivo implica que existe una lesión de caries, pues es muy difícil la presencia de falsos positivos. En nuestro estudio encontramos 17 falsos negativos de un total de 30 lesiones con caries de dentina, lo que significa un VPN del 59%, por lo que una radiografía normal no descarta una lesión oclusal que haya invadido dentina.

La radiografía digital supone una ventaja en cuanto al procesamiento de la imagen y a la menor radiación que recibe el paciente. Sin embargo, no hemos observado un aumento en la capacidad diagnóstica de la prueba, observando unos resultados de Sensibilidad y Especificidad muy parecidos a los de la radiografía convencional. En esta investigación la Sensibilidad y Especificidad de la radiografía digital fue de 0,61 y 0,96 respectivamente. Otros estudios, como los de Wenzel y cols.<sup>40</sup>, Ashley y cols.<sup>85</sup>, al igual que Haiter y Wenzel<sup>109</sup> obtuvieron una Sensibilidad y Especificidad de 0,24 y 0,89 para Rx y 0,19 y 0,89 para RxD. En nuestro estudio, los resultados muestran una Especificidad también muy alta, pero una Sensibilidad mayor, aunque prácticamente igual a la Rx convencional. Por tanto, las consideraciones realizadas para la Rx son aplicables a la RxD. Otros estudios<sup>10,41</sup> encuentran una pequeña diferencia a favor de la RxD, en cuanto al aumento de la Sensibilidad, al igual que nuestro estudio. Para Wenzel y col.<sup>40</sup>, la RxD resultó igual o mejor que la Rx

---

convencional para el diagnóstico de la caries oclusal de dentina en caries no cavitadas. Para Hintze, et al.<sup>156</sup>, en su estudio *in vitro*, la radiografía digital y convencional eran similares y no obtuvieron diferencias significativas para el diagnóstico de caries oclusal de dentina.

Respecto al valor predictivo de este método, en nuestra investigación el VPP de la RxD fue del 97%, lo cual quiere decir que un diagnóstico positivo implica que existe una lesión de caries y encontramos un falso positivo. El número de falsos negativos fue de 19, con lo que el VPN de la prueba fue del 60%.

La aceptación de la RxD ha ido creciendo en el mundo de la odontología y cada año son más los profesionales que deciden incorporar esta tecnología en sus clínicas. Son necesarios más estudios y con muestras más amplias para determinar si la RxD mejora la capacidad diagnóstica respecto a la convencional. Pasa algo similar que con la IVM respecto a la IV, nos facilita el trabajo, parece que el diagnóstico es mejor, pero al valorar los resultados las diferencias no son significativas, entendiendo como tales que hubiera una diferencia mayor de 0,1 para la Sensibilidad -Especificidad o una diferencia mayor del 10% para el VPP-VPN.

Los resultados de los primeros estudios *in vitro* de **Láserfluorescencia** fueron prometedores, alta Sensibilidad y buena Reproducibilidad<sup>98,120</sup>. Muchas investigaciones han mostrado valores de Sensibilidad en un rango muy estrecho cercano a los valores más altos en la escala (0.79 – 1.0)<sup>45,83,98,120</sup>. Muchos factores pueden influir en esto, así como en los valores límites aconsejados para la interpretación de las mediciones de la LF. Son pocos estudios los que han mostrado muy baja Sensibilidad (0.19 y 0.26)<sup>45</sup>, atribuyendo estos resultados a la subjetividad y errores en la técnica de medición durante la rotación de la punta<sup>45,65</sup>. Aunque en la mayoría de las investigaciones encontramos una alta Sensibilidad, esta va acompañada por una Especificidad diferente. Los valores de Especificidad de la LF para caries de dentina en dientes permanentes van desde 0.50 a 1.0<sup>45,63,83,157</sup>. Varios estudios<sup>79,98,158</sup> han mostrado

---

una Especificidad de LF casi perfecta, gracias a la selección de aquellos dientes con las lecturas más altas de LF<sup>158</sup>. En otras investigaciones<sup>79</sup>, estos valores se explican si nos fijamos en su baja Sensibilidad. Una de las limitaciones más importantes que describe la literatura es que la mayoría de los estudios se han realizado *in vitro*. Un inconveniente de los estudios *in vitro* es que no se sabe la procedencia de la muestra. En las investigaciones *in vitro*, el diente ha sido conservado en medios químicos que pueden alterar los valores de fluorescencia. Normalmente se produce una pérdida de la fluorescencia<sup>63,83,98,124</sup>, por pérdida orgánica de fluoróforos, que son las porfirinas del metabolismo de las bacterias. Esta matriz orgánica empieza a decrecer en la segunda semana tras la conservación del diente. Cuando están almacenados en formol, timol o clorina<sup>159</sup>, el valor de fluorescencia en la superficie oclusal decrece rápidamente en los primeros cinco meses<sup>87</sup>. Esto implica la disminución de las lecturas de LF<sup>83,98,120,124</sup> y favorece los resultados de la alta Especificidad.

En nuestro estudio, la variación de las lecturas de LF es amplia, al igual que en otros estudios clínicos<sup>57,63</sup>. Sin embargo, los valores de la mediana muestran un gradiente a través de las distintas categorías de extensión de la lesión ( $D_0$ : Sano;  $D_{1+2}$ : caries de esmalte;  $D_{3+4}$ : caries de dentina) que va aumentando a medida que avanza la caries<sup>63</sup>. Este gradiente se encuentra tanto en estudios *in vitro*<sup>157</sup> como *in vivo*<sup>53,57,59,63,76</sup>, y tanto en dientes permanentes<sup>53,57,59,63,76,157</sup> como en deciduos<sup>57,87,145</sup>, aunque los valores son menores para dientes primarios. En nuestro estudio existe una clara diferencia entre los valores de caries de esmalte y de dentina, aunque no podemos diferenciar entre dientes sanos y con caries de esmalte.

Algunos estudios<sup>53</sup> han encontrado una débil correlación entre las lecturas de LF y la profundidad de la lesión. No obstante, como estos autores indican, no es bastante para considerar a la laserfluorescencia como un método que correlacione las medidas con la profundidad, aunque sí es un buen método cualitativo para catalogar la lesión dentro de una categoría. Es decir, la LF parece discriminar cuando invade un tejido u

---

otro, pero difícilmente diferencia distintas profundidades dentro del mismo tejido, esmalte o dentina. Igualmente, Lussi<sup>120</sup> en 1999, indica que la LF no parece ser muy adecuada para detectar pequeños cambios en el esmalte. Otros estudios previos no pueden establecer una correlación entre las lecturas de LF y la profundidad de la lesión. Los resultados de nuestro estudio coinciden con los de otros autores<sup>63</sup>, tanto en investigaciones *in vivo*, como *in vitro*, realizadas bien en terceros molares extraídos<sup>157</sup> o en molares temporales<sup>87</sup>.

El origen de la fluorescencia aún no está claro<sup>4,9</sup>, pero parece improbable que la apatita sea responsable de los valores base del esmalte sano<sup>48,118</sup>. La causa puede ser el resultado de la combinación de la matriz inorgánica con la absorción de moléculas orgánicas<sup>160</sup>, Durante la formación de la caries existe un incremento relacionado con dos procesos: la desmineralización del diente y las bacterias con sus productos resultantes del metabolismo (porfirinas)<sup>4,9,118</sup>. La mayor parte de la fluorescencia está inducida por los componentes orgánicos<sup>9,48,118,124</sup> más que por la desintegración de los cristales y la transmisión por el esmalte pocohomogéneo<sup>161</sup>. Esta teoría se basa en el hecho de que la LF no detecta lesiones producidas en el laboratorio por ácidos, que no producen actividad bacteriana<sup>4,118</sup>. Sin embargo, se pueden detectar con LF lesiones tempranas de esmalte asociados a tintes fluorescentes (porfirinas). En contraposición, algunos estudios encuentran un incremento de los valores de LF después de grabar con ácido los dientes<sup>162</sup>. Aún así la explicación a que no se pueda distinguir entre las categorías  $D_0$  y  $D_{1+2}$  se basa en que la lesión inicial de esmalte no produce un incremento significativo en la fluorescencia si lo comparamos con el esmalte sano. Además, la validación *in vivo* a este nivel puede llevar a error, pues conlleva una gran dificultad la diferenciación entre esmalte superficial y profundo.

Nuestros resultados muestran los valores límites para  $D_0$  entre 0 y 14 en primeros y segundos molares *in vivo*. El valor más bajo fue 2 y los valores por debajo de 10 correspondían siempre a fisuras sanas. Previamente, los únicos estudios<sup>157,55</sup>

---

realizados para determinar los límites en esmalte sano han sido *in vitro*<sup>157</sup> o *in vivo* en terceros molares<sup>55</sup> con validación histológica. Los estudios *in vitro* de Baseren<sup>157</sup> realizados en diez molares impactados, establecen el gold estándar para fisuras sanas con lecturas de LF mínimas de 3 y máximas de 14 y nunca mostraron un valor 0. Estos resultados coinciden con los diagnósticos obtenidos en estudios longitudinales en primeros molares recién erupcionados<sup>55</sup> y con nuestros resultados. Siendo, este el primer estudio en esta línea en primeros y segundos molares permanentes.

En el estudio de caries de esmalte de nuestra investigación, los valores de LF fueron entre 10 y 20 para D<sub>1+2</sub>. El mejor punto de corte para D<sub>1</sub> fue 15 con una Sensibilidad de 0.78, y una Especificidad de 0.62. En la revisión de Bader<sup>45</sup>, los límites para caries de esmalte en D<sub>1</sub> en diez estudios realizados en dientes permanentes *in vitro* variaron desde 5 a 16, siendo 6 el valor más frecuente. A nivel D<sub>2</sub>, los valores más frecuentes estaban entre 10 y 20. Los valores obtenidos en estudios *in vitro* son diferentes de aquellos *in vivo*<sup>65,87,118</sup>, por lo tanto no son extrapolables a situaciones clínica<sup>87,118</sup>. En estudios en terceros molares *in vitro*<sup>68</sup>, los dientes se mantuvieron congelados y únicamente se descongelaron para las mediciones de LF. Los límites de estas mediciones fueron: D<sub>0</sub> (0-7), D<sub>1</sub> (>7-14), y D<sub>2</sub> (>14-24) y pueden extrapolarse a situaciones *in vivo*<sup>68</sup>. Actualmente estos límites basados en los estudios clínicos están estandarizados como sigue: 0-13 para diente sano, 14-20 para caries de esmalte, y >20 para caries de dentina<sup>63</sup>. Los mejores resultados para los valores límites en D<sub>1</sub> se corresponden con estos datos. De manera que una vez establecidos los mejores límites y comparándolos con la validación para dientes sanos (D<sub>0</sub>), la LF ha sobreestimado el 38% de las lecturas. De estos, el 17.2% mostró valores >20. Estos resultados coinciden con los de otros estudios<sup>45,59</sup>. La explicación se basa en el hecho de que seis de estos dientes presentaban manchas marrones u oscuras en las fisuras. Las manchas producen una fluorescencia adicional<sup>111</sup> y existe una tendencia del LF a sobrevalorar<sup>55,163</sup>. Algunos estudios muestran un aumento de las lecturas de LF en

---

dientes con fisuras manchadas entre 5 y 7 puntos<sup>55,58,59,65,163</sup>. Entre el resto de los dientes sobrevalorados (5 de 11), tan solo había uno con un valor mayor a 20. No obstante, nosotros no encontramos explicación para la sobrestimación en estos dientes, aunque tres de ellos mostraron fisuras profundas<sup>21</sup>. A pesar de intentar eliminar otras fuentes de fluorescencia, tales como el cálculo, la placa, no podemos asegurar que se hayan controlado completamente.

Para los dientes con caries de esmalte ( $D_{1+2}$ ), la LF diagnosticó correctamente el 70% de los casos (14/20). Hubo 4 dientes con sobrestimación de la extensión de la lesión, 2 de ellos con fisuras manchadas; y 2 dientes con infravaloración de la extensión de la caries y lecturas de LF con valor 12 y 13, mediciones muy cercanas al valor límite. Esto puede deberse a una mala técnica de medición, considerando que la punta debe moverse o rotarse en todas las direcciones.

Aunque desde el punto de vista matemático el análisis ROC es más completo, ya que tiene en cuenta todos los puntos de corte, en medicina y odontología la Sensibilidad y la Especificidad para un determinado punto de corte es útil para la evaluación de un método diagnóstico. Un determinado valor de corte puede ser una herramienta diagnóstica para indicar o no un tratamiento. En nuestro estudio, a nivel  $D_{1+2}$  (valor  $>14$ ), la LF mostró una Sensibilidad casi del 0,80, coincidiendo con estudios previos en los que también obtuvo buena capacidad para el diagnóstico de la caries de esmalte con pocos falsos negativos<sup>66</sup> o con investigaciones realizadas *in vivo* pero sin validación mediante fisurotomía<sup>57,87</sup>. También coincidió con otros estudios con medición y validación histológica de terceros molares<sup>65</sup>, con investigaciones *in vitro*<sup>120</sup> o con estudios *in vitro* con terceros molares conservados a  $-20^{\circ}\text{C}$ <sup>68</sup>. Sin embargo, los resultados de nuestro estudio, dentro de esta tendencia a saber que la Sensibilidad es alta muestran unos resultados producto de un cálculo más real y en primeros y segundos molares. Existen estudios previos<sup>65,98,157</sup> que muestran una Sensibilidad inferior (entre 0,42 y 0.73) para la caries de esmalte, todos ellos realizados *in vitro*. La

---

diferencia de Sensibilidad entre estudios con condiciones similares de investigación y con los mismos valores de corte se puede deber de nuevo a la técnica de medición empleada<sup>45</sup>.

Esta alta Sensibilidad va acompañada de una Especificidad más baja (0.63). En relación a la Especificidad, la literatura muestra una gran diversidad de resultados. Hay estudios que muestran resultados similares al nuestro, tanto en estudios *in vivo*<sup>66</sup>, *in vivo/in vitro*<sup>58</sup> o realizados solo *in vitro*<sup>45,65</sup>. Sin embargo, otros estudios muestran una Especificidad más alta, tanto realizados *in vitro* como *in vivo*<sup>49,57,68,120,157</sup>.

La baja Especificidad, puede ser debida en parte a la no eliminación de la muestra de los dientes con fisuras teñidas. Esta Especificidad baja a nivel D<sub>1</sub> (sano/caries de esmalte) tiene menos importancia que a nivel D<sub>3</sub> (caries de esmalte/caries de dentina), donde la proporción de falsos positivos puede ser peligrosa por el sobretratamiento. Al nivel D<sub>3</sub> es preferible una prueba con alta Especificidad, aún a costa de la Sensibilidad<sup>68</sup>. Además, a nivel D<sub>3</sub> y en poblaciones con una baja incidencia de caries es más importante aún que la prueba diagnóstica tenga una alta Especificidad. En la bibliografía, la Especificidad a nivel D<sub>3</sub> es mayor que a nivel D<sub>1</sub>, manteniendo una alta Sensibilidad y en un menor rango que para la caries de esmalte<sup>67,69,164</sup>. Las mediciones de LF dependen más la LF del volumen de la caries que de la profundidad<sup>165</sup>, lo que puede inducir a falsos positivos y una menor Especificidad.

El análisis ROC muestra que la LF es un método diagnóstico con buena capacidad para caries de esmalte y con un valor de Az= 0.811 (D<sub>1</sub>). Estos resultados coinciden con otros estudios<sup>111</sup>, aunque son algo inferiores que los resultados de otras investigaciones<sup>11</sup>. La ventaja del análisis ROC es que refleja el rendimiento diagnóstico más comprensiblemente que la Sensibilidad y la Especificidad. Con estos resultados, la combinación entre IV y LF, es interesante. Disponemos de dos pruebas que se

---

complementan, dado que una es más sensible que específica (LF) y la otra es más específica que sensible (IV). En la interpretación de los resultados de las pruebas diagnósticas, a veces tiene más valor “lo que no parece que lo que sí”. Nos explicamos, el clínico quiere valores a partir de los cuales decidir si existe o no caries. Sin embargo, puede ser lo contrario: hemos observado que valores de  $LF < 10$  corresponde a diente sano. Así, una primera conclusión podría ser que ante una IV dudosa y valores de  $LF < 10$  con una adecuada rotación de la punta de LF, debemos pensar en tejido sano.

Valores entre 10-20, con IV normal, debemos pensar en tejido sano, sobre todo si la fisura tiene alguna tinción. No obstante, en el diagnóstico entre  $D_0$ - $D_1$  no importa la sobrestimación de la lesión. La LF es un método de ayuda a la IV, sobre todo cuando esta no es clara y no puede establecer el diagnóstico. La LF, adquiere un valor en el diagnóstico añadido cuando sus valores son bajos o altos en fisuras no teñidas.

Los estudios *in vivo* e *in vitro* para la detección de la caries oclusal de dentina mostraron valores altos de Sensibilidad, muchos por encima de 0,90, pero una Especificidad menos alta y variada (0.63–0.86)<sup>49,57,59,63</sup>. En nuestra investigación la LF, para un punto de corte de 20, encontramos una Sensibilidad de 0.87 y una Especificidad de 0.79. Los resultados de Sensibilidad están en la línea de otros estudios previos<sup>11,49,63,120</sup>. Respecto a la Especificidad, hay cierta discrepancia con investigaciones anteriores<sup>58,59,65,83</sup> que pueden deberse a la selección de la muestra. En estos estudios los dientes validados con fisurotomía eran solamente aquellos con sospecha de caries de dentina que iban a ser restaurados con composite. Las fisuras de dientes sanos o con caries de esmalte no pueden abrirse por razones éticas, por ello, en el estudio de Lussi 2001<sup>63</sup>, del total de la muestra de 332 dientes, 108 no fueron validados. Anttonen et al.<sup>57</sup> usaron 613 molares permanentes, de los cuales 51 fueron validados. Los dientes sanos seleccionados en estos estudios anteriores<sup>63</sup> no presentaban decoloraciones, tinciones, opacidades ni radiolucidez en radiografía.

---

Aunque estamos de acuerdo con los autores en que la presencia de caries oculta era improbable tal como se traducía de los resultados de la LF. Sin embargo, podían darse falsos negativos ya que el diagnóstico se realizó mediante Inspección Visual y radiografías. Por ello los autores recomendaban tomar con cautela sus resultados de Especificidad. Más aún, en los estudios de Anttonen et al.<sup>57</sup> se usó el valor de 30 como punto de corte, lo cual puede aumentar la Especificidad.

Opuestamente, Heinrich-Weltzien et al.<sup>59</sup> excluyeron de la muestra los dientes no validados, terminando la investigación con una prevalencia de caries cercana al 100%, con resultados poco reales de Sensibilidad y Especificidad. Esto es lo que explica la menor Especificidad de este estudio si lo comparamos con otros como Lussi et al.<sup>63</sup> o Anttonen et al.<sup>57,59</sup>, y así lo explican los autores en la discusión de sus trabajos. En nuestro estudio la muestra fue de 128 molares, 49 sin caries de dentina y 79 con caries de dentina. Incluimos en nuestro estudio los dientes sanos que fueron validados gracias a las características de nuestra investigación. En investigaciones donde realizan las mediciones *in vivo* y validan histológicamente *in vitro* después de la extracción, la Sensibilidad está entre 0.70 y 0.81, y una existe una Especificidad entre 0.52 y 0.56<sup>58</sup>. Aunque estos estudios, están realizados en terceros molares, observamos como cuando se produce una validación completa de la muestra la Especificidad baja. La aplicación de estos resultados a todos los molares es limitada por las diferencias anatómicas<sup>59</sup>, pero podemos observar como la Especificidad es más baja, que la de los estudios donde no validaban toda la muestra. Por tanto, nuestros resultados están en la línea de una especificidad más baja con la validación total de la muestra, pero sí se puede aplicar a una situación clínica y a primeros y segundos molares.

En nuestra investigación el mejor punto de corte para D<sub>3</sub> coincide con los resultados anteriores. La capacidad máxima de la LF para diagnosticar la caries de dentina la encontramos entre los valores 17 y 20, que representa el mejor rendimiento diagnóstico sin una pérdida substancial de la Especificidad. Estos resultados

---

concuerdan con los puntos de corte obtenidos por otros autores<sup>49,57,59,63,83</sup>. Por tanto las lecturas de  $LF \geq 20$  pueden significar caries de dentina, aunque no implica necesariamente la intervención operatoria. Como aconseja Lussi<sup>126</sup> en pacientes con poco riesgo de caries la apertura de fisura se debe indicar en valores  $> 30$ .

Las curvas ROC tienen en cuenta la Sensibilidad y la Especificidad para todos los puntos de corte como hemos comentado, dando la capacidad diagnóstica global de la prueba. Este análisis también da un promedio de la validez del método empleado, el valor Az representa el área bajo la curva. Un valor de 1 representaría una medida perfecta de exactitud del medio diagnóstico. En general se considera aceptable si  $Az \geq 0,80$ , que significaría que tiene una probabilidad del 80% de ser caries. En nuestra investigación a nivel  $D_3$  el valor Az fue 0,85, mostrando una buena seguridad diagnóstica. Estos resultados coinciden con algunas investigaciones *in vivo*<sup>59</sup>, aunque son superiores a los valores de 0.64–0.69 descritos por otros estudios *in vivo/in vitro*<sup>58</sup>, con validación histológica de terceros molares. La presencia de fisuras teñidas de marrón u oscuras aumenta la medición de LF y la tendencia a sobrevalorar el estado<sup>55,163</sup> siendo fuente de falsos positivos<sup>58,59</sup>, lo cual implica un menor rendimiento de esta prueba diagnóstica<sup>111,163</sup>. En nuestro estudio, un 25% de las fisuras corresponden a fisuras teñidas de color marrón.

En el presente estudio, la LF mostró una buena Sensibilidad (0,87) y aceptable Especificidad (0,79) para la detección de caries de dentina. Desde el punto de vista clínico la Especificidad de un método diagnóstico es más interesante cuando la prevalencia de caries es baja, como ocurre en los países industrializados. En estudios previos *in vivo* sobre primeros y segundos molares existen diferencias en los valores obtenidos, debido a la dificultad de identificar falsos negativos o a la manera de realizar el estudio, con una prevalencia de casi el 100%. Este estudio combina la validación de toda la muestra con una prevalencia de caries del 60% aproximadamente. Esta prevalencia es un poco más alta que la que se indica para la caries oculta de dentina en

---

adolescentes<sup>16</sup>. Esto permite calcular el rendimiento diagnóstico de una manera más real.

La Reproductividad es la capacidad del test para ofrecer los mismos resultados cuando se repite su aplicación en circunstancias similares. La variabilidad biológica del hecho observado, la introducida por el propio observador y la derivada del propio test, determinan su Reproductividad. Así, en nuestro estudio cuando medimos con una diferencia de una semana obtenemos una concordancia “casi perfecta” (>0.82) intraoperador. En este estudio no estudiamos la concordancia interoperador, aunque la literatura indica que es alta<sup>58,63,83,94,142</sup>. La importancia de estos resultados es que podemos utilizar la LF como monitorización en la caries, ya que si las medidas aumentan y no es debido a una baja Reproductibilidad, la razón es aumento de la fluorescencia y por tanto de los fluoróforos provenientes de las porfirinas del metabolismo bacteriano. Estos resultados coinciden con investigaciones previas<sup>55,63</sup> cuyos resultados fueron 0.98 y 0.89, respectivamente. Igualmente Anttonen, et al.<sup>57</sup> indica un valor de índice kappa de 0.85. Sin embargo, Heinrich-Weltzien et al.<sup>59</sup>, obtienen valores más bajos, en una muestra con una prevalencia del 100% y con medidas que correspondían todas a caries de dentina (valores más altos). Esto puede explicar en parte la Reproductibilidad algo más baja de este último estudio. La LF, debido a esta buena reproductibilidad puede ser un instrumento muy útil en las revisiones periódicas y como monitorización en niños<sup>49,57</sup>.

Para la comparación de las distintas pruebas diagnósticas lo podemos hacer por la Sensibilidad y Especificidad que presenten, lo que nos habla de la Validez de la prueba. Aunque, también debemos tener en cuenta los Valores Predictivos, con lo que estamos comparando la Seguridad de la Prueba. El valor VPP obtenido para caries oclusal de dentina fue del 87% y el VPN del 79%. Los conceptos de Sensibilidad y Especificidad permiten, por lo tanto, valorar la validez de una prueba diagnóstica. Sin embargo, carecen de utilidad en la práctica clínica. Tanto la Sensibilidad como la

---

Especificidad proporcionan información acerca de la probabilidad de obtener un resultado concreto (positivo o negativo) en función de la verdadera condición del enfermo con respecto a la enfermedad. Sin embargo, cuando a un paciente se le realiza alguna prueba, el dentista carece de información a priori acerca de su verdadero diagnóstico, y más bien la pregunta se plantea en sentido contrario: ante un resultado positivo/negativo en la prueba, ¿cuál es la probabilidad de que el paciente esté realmente enfermo/sano? Por tanto, los valores predictivos, complementa la información dada por la Sensibilidad y Especificidad. Los resultados obtenidos muestran un alto VPP y un aceptable VPN. Estos resultados difieren respecto a otros autores que encuentran para caries oclusal de dentina un VPP de 0,63 y VPN de 0,96<sup>86</sup> que puede deberse a las diferencias en la prevalencia de la muestra.

No existen estudios *in vivo* sobre caries de esmalte en primeros y segundos molares validados, excepto el realizado por nosotros<sup>141</sup>. Este método de validación puede ser un instrumento para desarrollarlos. El diagnóstico de la caries de esmalte es importante en la odontología moderna, ya que los medios preventivos pueden evitar su paso a dentina y la necesidad de terapias agresivas. Por otra parte, estas investigaciones deben incluir la diferenciación entre actividad e inactividad de la caries, también poco estudiada.

La odontología moderna necesita métodos diagnósticos que detecten la caries en sus etapas iniciales. Los métodos de diagnóstico tradicionales presentan una alta Especificidad, pero con la posibilidad de falsos negativos para la caries de dentina. La laserfluorescencia al contrario que las pruebas diagnósticas convencionales es la única que tiene una mayor Sensibilidad que Especificidad. Esto significa que es una prueba de gran ayuda y complementaria al resto de pruebas convencionales. Empleándolas conjuntamente se puede aumentar el rendimiento diagnóstico. Valores por debajo de 10 indican diente sano. Todos los dientes con valores mayores de 14 deben tratarse con medidas preventivas y ser monitorizados. Aquellos valores mayores de 20<sup>63,66</sup> pueden

---

significar que la lesión ha llegado a dentina, aunque siempre deben tenerse en cuenta la experiencia del operador y los factores de riesgo del paciente.

Dentro de los métodos diagnósticos de la caries además de los clásicos Inspección Visual y Radiología, hemos estudiado la Tinción con solución reveladora de placa. La mayoría de los estudios revisados usan diferentes soluciones y su empleo está reservado para la eliminación de la caries durante la apertura de la cavidad<sup>13,166</sup>. La tinción del surco indicaría que existe un alto grado de posibilidad de presencia de patología en las fisuras, pero no es fiable. A pesar de esto, Al-Sehaibany y col.<sup>167</sup> encontraron una precisión en el diagnóstico de las caries de hoyos y fisuras del 100% comparándolo con el 25% para la sonda.

Los detectores de caries disponibles comercialmente tratan de ayudar al clínico para diferenciar la dentina infectada. Aunque los estudios no han confirmado que estas sustancias sean específicas para esta dentina infectada. Son soluciones que tiñen la matriz orgánica de la dentina desmineralizada<sup>168,169</sup>, incluyendo la dentina circunpulpal y dentina sana de la unión amelodentinaria. El uso de este colorante como coadyuvante en el diagnóstico de caries es muy limitado. Este tipo de soluciones no discrimina entre placa recién formada y placa madura y es por esto por lo que no puede establecerse de manera certera la relación de la placa bacteriana como factor etiológico de la caries dental. Sólo la placa que permanece más de una semana en la superficie dental es capaz de producir signos iniciales de mancha blanca, que inicialmente no son visibles a la Inspección Visual, ya que tienen que pasar dos semanas sin remoción de la misma<sup>170</sup> para que pueda hacerse clínicamente visible.

En nuestra investigación un 41% de la muestra correspondían a fisuras que presentaban una tinción leve, un 29% presentaban tinción severa y un 58% no presentaban tinción significativa. Aunque no encontramos una relación directa entre estos resultados y la validación de la muestra. Al igual que Ferjeskov<sup>13</sup>, que afirma que

---

la presencia de placa visible en la superficie oclusal no lleva necesariamente a la formación de la caries.

Aunque los microorganismos de la placa bacteriana son los responsables de la caries dental, no encontramos grandes acúmulos de la misma en nuestro estudio, y nuestro estudio concuerda con Nyvad<sup>34</sup> en que una lesión de caries puede desarrollarse con pequeñas cantidades de placa e igualmente podemos encontrar superficies sanas con grandes cantidades de placa. Otros estudios<sup>166</sup> también han demostrado que si hay ausencia de tinción no significa que haya ausencia de bacterias.

Teniendo en cuenta las limitaciones que existen por tanto para el diagnóstico de caries y tinción, no se encuentra relación entre estas variables. La solución detectora de caries debería teñir únicamente de manera que permita discriminar entre estructura dental sana y cariada. Ninguno de los detectores de caries disponibles es específico para la detección de la caries y su uso rutinario puede llevar a un alto porcentaje de sobretratamientos<sup>166</sup> y errores diagnósticos. Puede sugerirse el uso de tinción reveladora para valorar la capacidad de retención de la fisura, pero no consideramos a esta prueba con capacidad para establecer criterios diagnósticos.

Con el análisis de los resultados y para cumplir uno de los objetivos de este trabajo, presentamos a continuación un protocolo de actuación clínico basado en esta investigación.



---

## PROTOCOLO PARA EL DIAGNOSTICO DE LA CARIES OCULTA DE DENTINA

### 1. Radiología o FOTI Positiva



.....Apertura de Fisura.



.....Apertura de Fisura.

### 2. Inpección Visual (Mejor con Magnificación): Ekstrand 0, 1 ó 2.



A



B



C

2. A.-> Si LF < 14..... No Caries

2. B.-> Si LF 15-20.....Monitorización

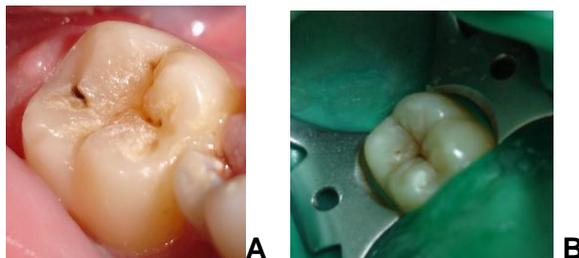
2. C.-> Si LF > 20.....Monitorización

(Si fisura teñida).....No Caries

---

## PROTOCOLO PARA EL DIAGNOSTICO DE LA CARIES OCULTA DE DENTINA

### 3. IV ó IVM: Ekstrand 3 ó 4.



3. A.-> Si LF < 20..... Medir rotando la Punta  
Si 2<sup>a</sup> medida <20..... No Caries, monitorización
3. B.-> Si LF > 20.....Caries de Dentina





# **VI. CONCLUSIONES**



- 
1. La inspección visual, sin o con magnificación, es el método diagnóstico de elección para el diagnóstico de caries no cavitada. Para un rendimiento diagnóstico adecuado, deben aplicarse los criterios de Ekstrand y utilizarse en combinación con otras pruebas como la laserfluorescencia. Es una prueba más específica que sensible, por lo que con un diagnóstico positivo debe abrirse la fisura y el diagnóstico negativo no es concluyente y requiere revisiones periódicas.
  2. La radiografía convencional o digital es un medio complementario necesario. Su alta especificidad implica ante un diagnóstico positivo la apertura de la fisura y sirve para valorar la extensión de la lesión. Como método de diagnóstico en los estadios iniciales no es útil.
  3. La Laserfluorescencia es un método útil y complementario de la inspección visual. Tiene una alta sensibilidad y aceptable especificidad. Valores inferiores a 10 indican que el diente está sano. Valores mayores de 20 pueden indicar invasión de la dentina, aunque la decisión terapéutica debe ser junto con la inspección visual. Valores entre 10-20, indican que se debe monitorizar la lesión. No tiene capacidad para establecer la profundidad de la lesión dentro de un tejido, esmalte o dentina. Valores bajos en fisuras manchadas, descartan la caries de dentina.
  4. La exploración con sonda de caries o tinción con colorante no son pruebas aconsejables para el diagnóstico de la caries no cavitada. La transiluminación con fibra óptica no es un método de elección debido a su baja sensibilidad, aunque puede convertirse en un medio complementario cuando no puedan realizarse radiografías.
  5. La combinación de pruebas, junto con los conocimientos técnicos y científicos son esenciales para un diagnóstico correcto de la caries no cavitada. Los factores individuales del paciente deben ser tenidos en cuenta para indicar la apertura de la fisura o las revisiones periódicas.



---

## **VII. RESUMEN**



---

## INTRODUCCIÓN

La epidemiología de la caries y su forma de presentación están cambiando. A pesar del descenso de la caries en los países industrializados, la caries de surcos y fisuras sigue siendo una de las formas clínicas más frecuentes<sup>5</sup>, ya que la mayor reducción ha ocurrido en las caries de superficie libre accesibles al cepillado y a los fluoruros tópicos<sup>6</sup>. Estudios sobre la prevalencia de caries, muestran como las superficies oclusales de los molares permanentes en niños y adolescentes son los lugares más afectados por la caries. Por otra parte, la progresión de la caries en esmalte es ahora más lenta e inicialmente, bajo una superficie macroscópicamente intacta, puede existir una afectación de la dentina subyacente. Es la llamada “caries oculta de dentina” o “caries oclusal no cavitada”, que se hará evidente cuando la lesión progrese y la cavitación ocurra. Por tanto, esta entidad nosológica es de difícil diagnóstico y con una alta prevalencia.

Los medios con los que contamos actualmente para el diagnóstico de la caries oclusal no cavitada de surcos y fisuras son variados, en cuanto a su método y su capacidad diagnóstica. Los **más comunes** son la Inspección Visual (IV) y la IV con Magnificación (IVM), la Sonda de Caries (S), La Radiografía convencional (Rx) y la Radiografía Digital (RxD). **Menos comunes**, aunque al alcance del clínico, son la Transiluminación por Fibra Óptica (FOTI y DiFOTI) y la Láserfluorescencia (LF). Por último, denominamos como **inusuales o experimentales** a aquellos medios diagnósticos que actualmente no se aplican generalmente en la clínica o están en fase de experimentación.

El diagnóstico de la Caries Oculta de Dentina es complejo y depende de varios factores. Desde el punto de vista **anatómico**, los surcos y fisuras presentan una morfología que a veces puede indicar que el diente está sano, cuando realmente está

---

afectada la dentina. Desde el punto de vista **técnico**, no disponemos de medios fiables que nos muestren lo que sucede en dentina, debajo del esmalte aparentemente íntegro. Podemos decir que los medios convencionales no son por sí solos fiables en la detección de la caries, algunas caries que han invadido dentina pueden pasar desapercibidas debido a la existencia de falsos negativos.

Los medios diagnósticos que están al alcance del clínico (IV, IVM, S, Rx, RxD) muestran diferente capacidad para el diagnóstico de la caries oculta de dentina. La Especificidad de los métodos convencionales es alta, sin embargo la Sensibilidad muestra valores inferiores para el diagnóstico de este tipo de caries<sup>63</sup>. Así, algunas caries que han invadido dentina pueden pasar desapercibidas debido a la existencia de falsos negativos. Además, la capacidad diagnóstica de la Inspección Visual e IVM depende de la experiencia del operador. Investigaciones sobre el empleo de la Sonda de Caries<sup>89</sup> indican que puede contaminar las fisuras durante la exploración y no aporta mayor rendimiento diagnóstico en combinación con IV<sup>41</sup>. Además, pueden romper áreas desmineralizadas<sup>92</sup> y permitir una rápida progresión de la caries, con lo cual el empleo de la sonda para el diagnóstico está formalmente contraindicado. Por otra parte, la radiografía es incapaz de detectar pequeñas lesiones, incluso invadiendo dentina<sup>81</sup>. De forma similar, la FOTI tiene mayor Especificidad que Sensibilidad. En sentido contrario, los estudios realizados con laserfluorescencia han mostrado una alta Sensibilidad, excelente reproductibilidad, capacidad de monitorización, pero una más baja Especificidad<sup>45</sup>, con el riesgo de sobreatamiento por la presencia de falsos positivos. Sin embargo, puede ser útil como coadyuvante de la Inspección Visual<sup>45</sup>. Con estos resultados, parece que no existe una prueba diagnóstica determinante para el diagnóstico, y éste no se debe hacerse con una sola prueba, siendo aconsejable la utilización combinada de ellas.

---

La eficacia de estos métodos diagnósticos ha sido investigada tanto *in vivo* como *in vitro*, sin embargo ninguna de las dos formas es la ideal. Los estudios *in vitro* son realizados en mejores condiciones que *in vivo*, debido a la posibilidad de eliminar más fácilmente la placa bacteriana, la película adquirida, la saliva o la presencia de tejidos blandos<sup>50,65</sup>. Además los estudios en laboratorio permiten una validación histológica de la lesión, con una determinación del grado de extensión más precisa<sup>36,50,65</sup>. Sin embargo, la aplicación de los resultados desde estudios *in vitro* es cuestionable, ya que se ha demostrado que los líquidos desinfectantes donde son almacenados los dientes cambian las condiciones clínicas normales y afectan al diagnóstico. Sobre todo a las mediciones con LF<sup>98,120,124</sup>, mostrando para los mismos valores de corte una capacidad diagnóstica menor. Además, el no saber de donde provienen los dientes en los estudios *in vitro*, no permite conocer las características de la boca y de los pacientes, donde han estado esos dientes.

Respecto a la laserfluorescencia, para evitar la alteración en las medidas, algunos estudios han medido bajo condiciones clínicas y, después de la extracción, han usado como “gold standard” estudios histológicos para la validación de los dientes.

Sin embargo, estos estudios se realizan habitualmente con premolares exodonciados por motivos ortodóncicos o terceros molares. La aplicación de estos resultados es discutida debido que el sistema de surcos y fosas es más pronunciado en primeros y segundos molares y puede causar una mayor proporción de caries oculta que en premolares o terceros molares<sup>59</sup>. No obstante, este tipo de estudios es ideal para investigaciones en dientes primarios.

En relación a los estudios realizados *in vivo*, el diagnóstico y las mediciones no se ven alteradas por las condiciones del medio. Sin embargo, el inconveniente está relacionado con la validación, ya que el número de dientes que puede ser validado es

---

limitado<sup>57,63</sup>. Los dientes sólo pueden ser validados mediante la apertura de la fisura y donde la enfermedad está presente. Por razones éticas, no es posible analizar mediante fisurotomía dientes sanos o con caries de esmalte. Así, este método de validación parcial no puede detectar falsos negativos. El dilema para los investigadores surge porque: 1) si los dientes no validados son incluidos en el tamaño de la muestra, el número de caries ocultas será desconocido ya que éste método de validación no puede detectar falsos negativos<sup>36,50,63</sup> o porque: 2) si estos dientes no validados son excluidos de la muestra, de acuerdo con Heinrich-Weltzien et al.<sup>36</sup>, la seguridad de la prueba diagnóstica será calculada con una muestra de dientes con una prevalencia cercana al 100% y con resultados de Sensibilidad y Especificidad no reales.

La importancia del diagnóstico en los estadios iniciales de la caries oculta de dentina es esencial en la odontología moderna, que debe basarse en tratamientos preventivos más que en terapias invasivas. Esto sólo es posible cuando la estructura del tejido permita una restitución “ad integrum”. De este modo, los medios diagnósticos deben evolucionar para detectar los primeros signos de desmineralización en el esmalte e intervenir con terapias no invasivas. Por tanto el estudio de la seguridad de pruebas diagnósticas para detectar la caries oculta de dentina es esencial para tratar esta entidad nosológica, tanto para su diagnóstico precoz como para evitar el sobretratamiento.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Podemos justificar la pertinencia y utilidad de esta investigación, pues vamos a investigar la seguridad y la validez de las pruebas para el diagnóstico de las caries de surcos y fisuras no cavitadas, de una forma que no se realizó hasta ahora para todo el conjunto de todas las pruebas diagnósticas al alcance del dentista. Se trata de un estudio 1) in vivo, 2) en primeros y segundos molares y 3) con una validación total de la muestra.

---

**La importancia clínica del estudio** Con los resultados obtenidos, estableceremos la seguridad, limitaciones y usos de estas pruebas, así como un protocolo de actuación basado en su utilidad y su facilidad de aplicación.

Estas pruebas han sido estudiadas por otros investigadores, aunque no con este método de validación. Por eso, consideramos a este **estudio confirmatorio**.

Como **Hipótesis de Trabajo** partimos de los siguientes supuestos:

- Las pruebas de IV, IVM, Rx, RxD y FOTI presentan mayor Especificidad que Sensibilidad.
- La LF presenta mayor Sensibilidad que Especificidad.
- La combinación de varias pruebas, sobretodo IV+LF puede mejorar el rendimiento diagnóstico.

El desarrollo del trabajo tiene como **finalidad** comprobar estas hipótesis, pero sobre todo cuantificar -sobre una muestra de molares permanentes validada en su totalidad, en vivo y con una prevalencia cercana al 50%- la seguridad y validez diagnóstica de las pruebas más habituales empleadas en el diagnóstico de la caries oculta de dentina.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

La selección de la muestra se realiza de forma aleatoria con los pacientes que acuden a consulta para reponer un diente posterior mediante tratamiento de prótesis fija. Una vez firmado el consentimiento informado 57 pacientes sanos, con edades comprendidas entre 18 y 35 años (media 26.4) y elegidos para tratamiento de prótesis fija para reponer un diente posterior formaban parte de este estudio, el cual ha sido aprobado por el Comité Ético de la Universidad de Sevilla. Estos pacientes tenían un primer o segundo molar ( $n_1=57$ ) que iba a servir como pilar de prótesis fija. Estos molares eran elegidos por no tener sospecha de caries de dentina (valor 0-2) de acuerdo con los criterios de Ekstrand de 1997.(50) Otros primeros o segundos molares

---

( $n_2=71$ ) de los mismos pacientes eran seleccionados por ser sospechosos de caries oculta de dentina (valor 3-4), según la escala de Ekstrand(50) y destinados a tratamiento de obturación. La muestra estaba compuesta de 128 molares ( $n_1+ n_2$ ): 48 primeros molares (42 superiores y 6 inferiores) 80 segundos molares (38 superiores y 42 inferiores). Una vez localizada un área, esta es marcada en un dibujo del diente. El dibujo indica el lugar donde hay que realizar la exploración y por tanto la aplicación de todos los métodos diagnósticos que componen la investigación. Las Pruebas para el diagnóstico de la caries oculta de dentina empleadas en este estudio son las siguientes: Inspección Visual (IV); Inspección visual con magnificación (IVM); Transiluminación con fibra óptica (FOTI); Radiografía convencional (Rx); Radiografía digital (Digora®); Laserfluorescencia (Kavodiagnost®) y Tinción con colorante. El estudio está realizado por tres examinadores. El operador 1 (OP-1) selecciona la muestra y marca el área a estudiar en el dibujo. En la primera visita realiza la Inspección Visual, Inspección Visual con Magnificación, examen con Laserfluorescencia pero permaneciendo blindado de estos resultados. A continuación realiza la tinción y las fotografías. Posteriormente realizaba dos aletas de mordida.

Para establecer la existencia de caries se observaba si había pérdida de traslucidez u opacidad visible tras o sin secado. El (OP-1) era el encargado de abrir las fisuras. Una vez eliminada la dentina con caries el punto final de la remoción era la presencia de dentina dura en ausencia de cualquier dentina blanda. La extensión de la lesión era determinada de acuerdo con la siguiente escala, basada en los criterios de Ekstrand y cols<sup>50</sup>: No caries ( $D_0$ ); Caries de esmalte ( $D_{1+2}$ ); Caries de dentina ( $D_{3+4}$ ). Los dientes seleccionados como pilar de puente, eran tallados una vez abierta la fisura. En los dientes con sospecha de caries, al abrir la fisura, podíamos encontrar ausencia de caries y colocamos entonces un sellador o un composite "flow". En los dientes cariados, una vez eliminada la caries eran restaurados con composite microhíbrido de alta carga o amalgama de plata.

---

Este método de validación in vivo permite calcular la Sensibilidad y Especificidad de las pruebas diagnósticas de un modo más real, lo cual no ha sido estudiado de esta forma hasta ahora.

Realizamos un Análisis descriptivo de los datos obtenidos de las variables cualitativas relativas a las pruebas diagnósticas IV, IVM, Rx, RxD, Foti y Tinción. Los datos eran analizados para la caries oculta de dentina al nivel  $D_3$ , para ello establecíamos dos categorías ( $D_{0+1+2}$ ) y ( $D_{3+4}$ ). Respecto a la laserfluorescencia, eran calculados la mediana y rango intercuartil para ( $D_0$ ), ( $D_{1+2}$ ) y ( $D_{3+4}$ ), se aplicó el test de Kurskall Wallis y se realizaban curvas ROC al nivel  $D_1$  y  $D_3$ .

Para calcular la exactitud o validez diagnóstica de las pruebas empleamos la Sensibilidad y Especificidad. Para evaluar la seguridad de las pruebas, calculamos el Valor Predictivo Positivo (VPP) y el Valor Predictivo Negativo (VPN). Los datos eran analizados con el software del programa estadístico SSPS 14.0 (SPSS Inc, Chicago, IL).

## RESULTADOS

Una vez realizada la validación de la muestra, mediante la apertura de las fisuras (Gold Standard), dió como resultado 29 molares sanos (22,6%), 20 molares (15,6%) presentaban caries de esmalte y 79 molares caries de dentina (61,7%). Por lo tanto, 29 molares pertenecían a la categoría  $D_0$ , 20 molares a la categoría  $D_{1+2}$  y 79 molares a la  $D_{3+4}$ .

En la tabla 28 de nuestro estudio mostramos el rendimiento diagnóstico de las pruebas cualitativas para la caries oculta de dentina: números de molares sanos correctos, falsos positivos, enfermos correctos y falsos negativos. En la tabla 29 se describen la Sensibilidad, Especificidad, Valor Pronóstico Positivo (VPP) y valor Pronóstico Negativo (VPN) de las Pruebas Diagnósticas Cualitativas para la Caries Oculta de Dentina.

---

Para caries de esmalte el mejor punto de corte para la LF fue 15 (Sensibilidad = 0.98, Especificidad = 0.62, Sensibilidad + Especificidad = 1.60, VPP: 89,9%, VPN: 90%). También calculamos la Sensibilidad y Especificidad para todos los puntos de corte a nivel D3, siendo para caries de dentina el mejor punto de corte 20 (Sensibilidad = 0.87, Especificidad = 0.79, Sensibilidad + Especificidad = 1.66, VPP: 87%, VPN: 79%).

## DISCUSION

Debido a las características **metodológicas** de este estudio clínico, hemos sido capaces de validar tanto dientes sanos como con sospecha de caries oculta de dentina, diagnosticados previamente por Inspección Visual. De esta forma, evitamos los falsos negativos. Además, los estudios *in vivo* son capaces de obviar los problemas típicos y asociados con la conservación de los dientes. Actualmente, sin embargo, se han realizado investigaciones<sup>68</sup> con dientes congelados después de la extracción a menos 20°C, sin necesidad de medios químicos de conservación. No obstante, los dientes utilizados en estos estudios son terceros molares que tienen un sistema de surcos y fosas diferente, y una probabilidad de caries oculta distinta a los 1<sup>os</sup> ó 2<sup>os</sup> molares<sup>59</sup>. Por otra parte, los estudios *in vivo* tienen sus limitaciones ya que la fisurotomía tasa menos exactamente la extensión de la lesión, sobre todo en el esmalte<sup>45</sup>.

En cuanto **a la selección de los molares** del estudio, hemos obtenido una cantidad de casos suficientes y distribuida entre las tres categorías: (D<sub>0</sub>), (D<sub>1+2</sub>) y (D<sub>3+4</sub>). La selección de los pacientes la realizamos a partir de diagnosticar un paciente para el tallado de un molar para prótesis fija y en el mismo paciente seleccionábamos dientes con sospecha de caries oculta, esto nos proporciona una muestra adecuada. Sin embargo, al haber sido seleccionados mediante inspección visual pueden tener una incidencia en el estudio de validez de esta prueba, que será discutido posteriormente. Para el resto de las pruebas, no tiene repercusión en sus resultados.

---

La **Inspección Visual** tiene una larga historia sin embargo es subjetivo y depende de la experiencia del profesional<sup>10</sup>. Su baja sensibilidad en la literatura se explica debido a que no podemos ver lo que hay bajo un esmalte que aparentemente está sano. Esta prueba muestra una Sensibilidad entre 62% y el 90%, cuando hay cavidades visibles en las fisuras. Sin embargo, en caries ocultas de dentina diversos estudios<sup>41,42</sup> informan de sensibilidades tan bajas como del 12%. Una de las limitaciones de las investigaciones sobre IV es que la mayoría de los estudios han sido realizados *in vitro*. En nuestro estudio obtenemos una Sensibilidad de 0.72 y una Especificidad de 0.98, aunque puede ser mas baja debido a la forma de selección de la muestra para proveernos de suficientes dientes sanos. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos en aquellas investigaciones que emplean los criterios de Ekstrand<sup>50</sup> y secan el diente para la exploración. En estudios sobre esmalte<sup>138</sup> la pérdida de la normal translucidez del esmalte, bien después o antes de secar, es indicativo de la iniciación de la caries. En la clasificación de Ekstrand<sup>50</sup> para el diagnóstico de la lesión, los valores 3 y 4 indican invasión de dentina, bien por visualizar la apertura de la fisura o porque a través del esmalte se ve la coloración de la dentina afectada. Así, una consideración para aumentar la sensibilidad de la prueba es la aplicación de estos criterios, que son poco conocidos y empleados.

Los resultados muestran una Especificidad muy alta (0.98), aunque una Sensibilidad de 0.72, que quizás fuera menor en un muestreo aleatorio. No obstante, de estos resultados se desprende que la IV tiene una alta probabilidad de que el diente este afectado de caries oculta de dentina, cuando la prueba es positiva (VPP=96%). Por tanto, debemos abrir todas las fisuras en la escala 3 y 4 de Ekstrand<sup>50</sup>. Sin embargo, no tenemos la seguridad de que no exista caries oculta con un diagnóstico negativo (VPN=74%). Fisuras profundas o teñidas que dificulten la exploración y la observación de la dentina a través del esmalte son un inconveniente. El diagnóstico de la IV en

---

conjunción con otras pruebas y las revisiones periódicas, deben ser la conducta a seguir ante los diagnósticos negativos.

El dentista debe familiarizarse con este método de exploración y no dejarse llevar por fisuras teñidas superficialmente, que no cumplen los criterios especificados y pueden conducir al sobretratamiento. La prevalencia de la caries y el riesgo potencial del paciente son aspectos importantes a considerar. Una baja prevalencia de caries y molares con buena higiene y sin placa aumentan la seguridad de la prueba, ya que el número de casos incorrectamente diagnosticados tienen una menor probabilidad.

Estudios *in vivo* sobre caries de esmalte en primeros y segundos molares validados no existen. Este método de validación puede ser un instrumento para desarrollarlos. El diagnóstico de la caries de esmalte es importante en la odontología moderna, ya que los medios preventivos pueden evitar su paso a dentina. Por otra parte, estas investigaciones deben incluir la diferenciación entre actividad e inactividad de la caries.

El empleo de la sonda está formalmente contraindicado en la exploración de la caries oculta de dentina, según expusimos en la introducción de este trabajo. El dentista solo debe utilizarla para quitar restos de la cara oclusal que dificulten la inspección.

La **Inspección Visual con Magnificación** participa de todos los criterios y argumentos expresados para la Inspección visual sin Magnificación. Era de esperar que la IVM mejore los resultados de la IV y así lo observamos con un aumento de la Sensibilidad a 0.77, siguiendo con una alta Especificidad. Estos resultados coinciden con los de otros estudios<sup>37,72</sup>, donde la magnificación mejora la IV Convencional, pero sin una diferencia estadísticamente significativa. En nuestro estudio, detecta mejor la discontinuidad de la fisura y las zonas marrón-grisáceas dentinarias a través del esmalte. Es decir, valora mejor el estadio 3 de Ekstrand que es el indicativo de caries oculta de dentina. Además, detecta mejor las fisuras profundas y de forma abigarrada. En los primeros molares permanentes se observa una relación entre la profundidad de

---

las fosas y la colonización bacteriana<sup>21</sup>. Concretamente, las fosas centrales son más profundas y variadas en su morfología que las fosas mesiales menos profundas, encontrando una interesante relación con la colonización de Streptococo Mutans, pudiendo contribuir además la materia orgánica atrapada a mayor desarrollo de caries oculta<sup>21</sup>. Es aconsejable el uso de IV con magnificación en el diagnóstico de la caries oculta de dentina.

La **Radiografía de aleta de mordida** es muy empleada para el diagnóstico de las caries de superficie proximal<sup>9,40</sup>, aunque también puede ser útil en el diagnóstico de las caries oclusales. Desde el punto de vista histológico la lesión está más avanzada que en la apariencia radiográfica<sup>96,153</sup> lo que justifica su baja Sensibilidad. La Sensibilidad en nuestro estudio es del 0.53, lo que supone muchas lesiones sin diagnosticar. Sin embargo la Especificidad es muy alta. Estos resultados indican que con una radiografía negativa no podemos descartar una caries dentinaria, pero una radiografía con diagnóstico positivo implicará la apertura de la fisura y tratamiento de la caries. Los estudios revisados, tanto *in vivo* como *in vitro*, reflejan una baja Sensibilidad y valores altos de Especificidad<sup>44,45,58,63,76,171</sup>, en concordancia con nuestro estudio.

La **Radiografía Digital** supone una ventaja en cuanto al procesamiento de la imagen y a la menor radiación que recibe el paciente. Sin embargo, no hemos observado un aumento en la capacidad diagnóstica de la prueba, observando unos resultados de sensibilidad y especificidad muy parecidos a los de la radiografía convencional. Coincidiendo estos resultados con los obtenidos en otros estudios<sup>40</sup>. Por tanto, las consideraciones realizadas para la Radiografía Convencional son aplicables a la Radiografía Digital. Sin embargo, otros estudios<sup>10,41</sup> encuentran una pequeña diferencia a favor de la RxD, en cuanto al aumento de la Sensibilidad. Más estudios y con muestras más amplias son necesarios para determinar si la radiología digital mejora la capacidad diagnóstica respecto a la convencional.

---

La **Transiluminación por Fibra Óptica** es un método cualitativo que se usa a partir de la década de los setenta<sup>9,96</sup>. Es un método eficaz para el diagnóstico del Síndrome del diente Fisurado<sup>152</sup> o para el diagnóstico de caries de superficie proximal<sup>60,103</sup>. Sin embargo, es poco empleado para el diagnóstico de caries oculta de dentina. En las caries de surcos y fisuras faltan estudios que constaten su rendimiento diagnóstico, precisión y reproductibilidad<sup>9,97</sup> y en general hay pocos estudios con transiluminación<sup>38,111</sup>.

En comparación con otros métodos diagnósticos la Sensibilidad para lesiones de dentina es inferior que para la radiografía<sup>38,114</sup>. Nuestro estudio coincide con estos resultados, ya que tiene una Sensibilidad muy baja (0.46). Sin embargo, otros estudios<sup>12</sup> muestran mayor Especificidad que la radiografía de aleta de mordida. Entre sus limitaciones hay que tener en cuenta que se trata de un método subjetivo y por ello encontraremos resultados dispares con difícil reproductibilidad.

En caries oclusales, otros autores<sup>38,103</sup> atribuyen un mejor comportamiento a la transiluminación que a la radiografía convencional en la detección de caries inicial de dentina. La combinación con la Inspección Visual puede ser útil para determinar la profundidad de la lesión oclusal<sup>111</sup>, aunque son necesarios más estudios *in vivo*. Mientras que estos estudios se produzcan, en nuestra opinión la transiluminación no debe ser usada para el diagnóstico de la caries oculta de dentina por su baja Sensibilidad y mostrar peores resultados que la radiografía. Sin embargo, hay que tenerla en cuenta en conjunción con la inspección visual en aquellos pacientes a los que no se les puedan realizar radiografías.

La **laserfluorescencia** para el diagnóstico de la caries se remonta a sólo diez años. Los resultados de los primeros estudios *in vitro* fueron muy prometedores dando una alta Sensibilidad y una buena reproductibilidad<sup>98,120</sup>. Muchas investigaciones han mostrado una alta Sensibilidad en el rango de 0.79 a 1.0<sup>45,83,98,120</sup>. Varios factores son los que contribuyen a estas diferencias, tal como los distintos valores límite

---

recomendados para la interpretación de las medidas. Los estudios que no han mostrado una alta Sensibilidad son debidos a la técnica de exploración<sup>45</sup>, quizás a un inadecuado uso de la punta, en cuanto a su rotación, al examinar la fisura<sup>45,65</sup>. La relativa alta Sensibilidad estaba acompañada de una Especificidad menos definida y en un rango entre 0.50 y 1<sup>45,63,83,157</sup>. Uno de los aspectos más limitantes es que la mayoría de los estudios se han realizado *in vitro*. Los dientes consisten en premolares y molares, pero su origen es desconocido. Los medios de almacenamiento causan un descenso en la fluorescencia debido a la pérdida de fluoróforos, que son porfirinas endógenas del metabolismo de las bacterias. Esta materia orgánica, decrece en la segunda semana después de su almacenamiento<sup>159</sup>. Esto implica una bajada de las medidas<sup>83,98,120,124</sup> y por tanto un aumento de la Especificidad.

Los estudios *in vivo* muestran un patrón similar, con una Sensibilidad alta y una Especificidad variada. Estos estudios muestran una Sensibilidad alta cercana al 0.90, pero una Especificidad en un rango entre 0.63 y 0.86<sup>49,57,59,63</sup>. En nuestra investigación los resultados muestran una Sensibilidad de 0.89 y una Especificidad de 0.76, en línea con las publicaciones anteriores. Sin embargo, nuestro estudio permite una validación completa de la muestra, que era un impedimento en los estudios anteriores y los autores lo reflejaban en la discusión de sus artículos, siendo la causa de las diferencias en la Especificidad. En los estudios de Lussi et al.<sup>63</sup> y Anttonen et al.<sup>49</sup>, los molares no validados eran incluidos en la muestra y aunque el autor hacía una minuciosa selección, no podía descartar la ausencia de falsos negativos entre los molares catalogados como sanos o con caries de esmalte. Contrariamente, Heinrich-Weltzien R. et al.<sup>59</sup> descartaba los molares no validados de la muestra, haciendo unos cálculos de Sensibilidad y Especificidad con una prevalencia cercana al 100%, siendo este el motivo, según el autor, de los valores más bajos de Especificidad de su estudio.

En nuestro estudio, al obviar el problema de la validación hemos podido realizar unos cálculos más reales de Sensibilidad y sobretodo de Especificidad.

---

El valor límite más importante es al nivel D<sub>3</sub>. Los valores límite para este punto de corte deben ser realizados *in vivo*. A lo largo del uso de DIAGNOdent estos valores han ido cambiando. Actualmente, están estandarizados y son los siguientes: 0-13 para dientes sano; 14-20 para caries de esmalte y >20 para caries de dentina<sup>63</sup>. Los resultados de nuestro estudio daban la mayor capacidad diagnóstica para caries de dentina entre 17 y 20. Sin embargo, 20 era el valor con mayor especificidad dentro de ellos. Estos resultados coinciden con otros estudios realizados *in vivo*<sup>59,63,83</sup>. Por tanto, un valor mayor de 20 es aplicado para diferenciar la existencia o no de caries dentinaria. Aunque esto no quiere decir que necesariamente esté indicado la apertura de la fisura, ya que hay que tener en cuenta los factores de riesgo del paciente.

La laserfluorescencia al contrario que las pruebas diagnósticas anteriores tiene una mayor Sensibilidad que Especificidad. Esto significa que es una prueba de gran ayuda y complementaria a la Inspección Visual y que empleándolas conjuntamente se puede diagnosticar con menor errores. En este sentido, la laserfluorescencia tiene tendencia a mayor número de falsos positivos. La presencia de fluorescencia no aportada por la caries puede conllevar a errores en el diagnóstico y al sobretatamiento, por eso debe ser empleada junto con la IV y con los criterios de Ekstrand. Además, debemos conocer las limitaciones de la láserfluorescencia. La presencia de fisuras teñidas de marrón u oscuras aumenta la medición de LF y la tendencia a sobrevalorar el estadio<sup>55,163</sup>, siendo fuente de falsos positivos<sup>58,59</sup>, lo cual implica un menor rendimiento de esta prueba diagnóstica<sup>111,163</sup>. En nuestro estudio, un 33% de las fisuras corresponden a fisuras teñidas.

La variación de las lecturas es amplia dentro de los grupos, igual que en otros estudios clínicos<sup>57,63</sup>. Sin embargo, la media de los valores muestra un gradiente a través de las categorías de la de la lesión<sup>57,59,63</sup>. Estudios previos coinciden en que no es posible establecer una conexión entre las medidas y la mayor o menor profundidad de la caries. Algunos estudios<sup>53</sup> han encontrado una débil correlación, aunque como

---

estos autores indican, no es bastante para considerar a la laserfluorescencia como un método cuantitativo. No obstante, es un buen método cualitativo que indica el estadio de la lesión.

Este estudio muestra una sensibilidad de 0.89 y una especificidad de 0.76. Desde el punto de vista clínico, la especificidad es más importante cuando la prevalencia de la lesión es baja, lo que es corriente en el caso de los países industrializados. Estos datos calculados de una forma más real que en los estudios anteriores, muestran a la láserfluorescencia como un método muy sensible con una aceptable Especificidad. La importancia clínica de estos valores es que unidos a la Inspección Visual, pueden aumentar el rendimiento diagnóstico de la caries oculta de dentina, ya que son complementarios. La láserfluorescencia no debe usarse aislada o asignar una medición a un estadio de caries. Valores por encima de 20 pueden implicar afectación de dentina y está indicada la apertura de la fisura en un paciente de alto riesgo, siempre que no se trate de una fisura teñida o queden restos de placa o sarro que puedan aportar una fluorescencia extra. Sin embargo, en un paciente de bajo riesgo, es por encima de 30 cuando puede estar indicada la apertura de la fisura<sup>126</sup>. Debido a la buena reproductibilidad de la prueba, ante la duda de la apertura o no de la fisura, las mediciones de una fisura en revisiones periódicas son una buena herramienta para la monitorización de la lesión.

---

## CONCLUSIONES

2. La inspección visual, sin o con magnificación, es el método diagnóstico de elección para el diagnóstico de caries no cavitada. Para un rendimiento diagnóstico adecuado, deben aplicarse los criterios de Ekstrand y utilizarse en combinación con otras pruebas como la laserfluorescencia. Es una prueba más específica que sensible, por lo que con un diagnóstico positivo debe abrirse la fisura y el diagnóstico negativo no es concluyente y requiere revisiones periódicas.

2. La radiografía convencional o digital es un medio complementario necesario. Su alta especificidad implica ante un diagnóstico positivo la apertura de la fisura y sirve para valorar la extensión de la lesión. Como método de diagnóstico en los estadios iniciales no es útil.

3. La Laserfluorescencia es un método útil y complementario de la inspección visual. Tiene una alta sensibilidad y aceptable especificidad. Valores inferiores a 10 indican que el diente está sano. Valores mayores de 20 pueden indicar invasión de la dentina, aunque la decisión terapéutica debe ser junto con la inspección visual. Valores entre 10-20, indican que se debe monitorizar la lesión. No tiene capacidad para establecer la profundidad de la lesión dentro de un tejido, esmalte o dentina. Valores bajos en fisuras manchadas, descartan la caries de dentina.

4. La exploración con sonda de caries o tinción con colorante no son pruebas aconsejables para el diagnóstico de la caries no cavitada. La transiluminación con fibra óptica no es un método de elección debido a su baja sensibilidad, aunque puede convertirse en un medio complementario cuando no puedan realizarse radiografías.

5. La combinación de pruebas, junto con los conocimientos técnicos y científicos son esenciales para un diagnóstico correcto de la caries no cavitada. Los factores individuales del paciente deben ser tenidos en cuenta para indicar la apertura de la fisura o las revisiones periódicas.

---

## **VIII. BIBLIOGRAFÍA**



- 
- <sup>1</sup> Marthaler TM. Caries status in Europe and predictions of future trainees. *Caries Res* 1990; 24:381-396.
- <sup>2</sup> Truin GJ, van't Hof MA, Kalsbeek H, Frencken JE, Konig KG. Secular trends of caries prevalence in 6- and 12-year-old Dutch children. *Community Dent Oral Epidemiol* 1993 Oct; 21(5):249-252.
- <sup>3</sup> Konig KG, Navia JM. Nutritional role of sugars in oral health. *Am J Clin Nutr* 1995 Jul; 62(1 Suppl):275S-282S; discussion 282S-283S.
- <sup>4</sup> Pretty IA, Maupome G. A closer look at diagnosis in clinical dental practice. Part 5. Emerging technologies for caries detection and diagnosis. *Journal Canadian Dental Association* 2004; 70(8):540.
- <sup>5</sup> Dodds MW. Dental caries diagnosis -- toward the 21st century. *Nat Med* 1996 Mar; 2(3):283.
- <sup>6</sup> Mejare I, Kallestal C, Stenlund H, Johansson H. Caries development from 11 to 22 years of age: a prospective radiographic study. Prevalence and distribution. *Caries Res* 1998; 32(1):10-16.
- <sup>7</sup> Thylstrup AF, O. In: Ediciones Doyma SA, editor. *Caries. Española ed.* Travesera de Gracia, Barcelona 1988; p. 2-23.
- <sup>8</sup> Chaparro Heredia A. Caries: Concepto y Etiología. *Boletín Informativo del Ilustre Colegio Oficial de Odontólogos y Estomatólogos de la IV Región* 1987; 16-21.
- <sup>9</sup> Tranæus S, Shi X-, Angmar-Månsson B. Caries risk assessment: Methods available to clinicians for caries detection. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 2005; 33(4):265-273.
- <sup>10</sup> Pretty IA. Caries detection and diagnosis: novel technologies. *J Dent* 2006 Nov; 34(10):727-739.
- <sup>11</sup> Stookey GK, Gonzalez-Cabezas C. Emerging methods of caries diagnosis. *J Dent Educ* 2001 Oct; 65(10):1001-1006.

- 
- <sup>12</sup> Zandona AF, Zero DT. Diagnostic tools for early caries detection. *J Am Dent Assoc* 2006; 137(12):1675-1684.
- <sup>13</sup> Kidd EA, Ricketts DN, Pitts NB. Occlusal caries diagnosis: a changing challenge for clinicians and epidemiologists. *J Dent* 1993 Dec; 21(6):323-331.
- <sup>14</sup> Toraman Alkurt M, Peker I, Deniz Arisu H, Bala O, Altunkaynak B. In vivo comparison of laser fluorescence measurements with conventional methods for occlusal caries detection. *Lasers Med Sci* 2008 Jul; 23(3):307-312.
- <sup>15</sup> Llamas Cadaval R, Barriga Mediero R, Bonilla Represa V, Pastor Conesa C, Herrera Martínez M. Estudio comparativo in vitro del diagnóstico de las caries de fosas, surcos y fisuras de dientes del sector posterior, por examen visual y un sistema de fluorescencia producida por láser. *Avances en Odontoestomatología* 2001; 17(9):447-465.
- <sup>16</sup> Weerheijm KL, Gruythuysen RJ, van Amerongen WE. Prevalence of hidden caries. *ASDC J Dent Child* 1992 Nov-Dec; 59(6):408-412.
- <sup>17</sup> Kidd EA, Naylor MN, Wilson RF. Prevalence of clinically undetected and untreated molar occlusal dentine caries in adolescents on the Isle of Wight. *Caries Res* 1992; 26(5):397-401.
- <sup>18</sup> Creanor SL, Russell JI, Strang DM, Stephen KW, Burchell CK. The prevalence of clinically undetected occlusal dentine caries in Scottish adolescents. *Br Dent J* 1990 Sep 8; 169(5):126-129.
- <sup>19</sup> Weerheijm KL, Groen HJ, Bast AJ, Kieft JA, Eijkman MA, van Amerongen WE. Clinically undetected occlusal dentine caries: a radiographic comparison. *Caries Res* 1992; 26(4):305-309.
- <sup>20</sup> Newbrun E. Histopatology of Dental Caries. En: Quintessence Books, editor. *Cariology*. Third ed.; 1989. p. 250-264.
- <sup>21</sup> Lundberg P, Morhed-Hultvall ML, Twetman S. Mutans streptococci colonization and longitudinal caries detection with laser fluorescence in fissures of newly erupted 1st permanent molars. *Acta Odontol Scand* 2007 Aug; 65(4):189-193.

- 
- <sup>22</sup> Weerheijm KL, de Soet JJ, de Graaff J, van Amerongen WE. Occlusal hidden caries: a bacteriological profile. *ASDC J Dent Child* 1990 Nov-Dec; 57(6):428-432.
- <sup>23</sup> Awazawa Y. Re-examination of the morphology of caries susceptible grooves in the premolar and molar. *J Nihon Univ Sch Dent* 1969 Mar; 11(1):1-15.
- <sup>24</sup> Konig KG. Dental morphology in relation to caries resistance with special reference to fissures as susceptible areas. *J Dent Res* 1963 Jan-Feb; 2:461-476.
- <sup>25</sup> Juhl M. Localization of carious lesions in occlusal pits and fissures of human premolars. *Scand J Dent Res* 1983 Aug; 91(4):251-255.
- <sup>26</sup> Ando T. Reexamination of cariogenesis in relation to the distribution of enamel lamellae on crowns of human teeth. *J Nihon Univ Sch Dent* 1981 Jun; 23(2):79-91.
- <sup>27</sup> Bodecker C. Enamel of teeth decalcified by the celloidinmethod and examined with ultra-violet light. *Dent Revy* 1906; 20:317.
- <sup>28</sup> Walker BN, Makinson OF, Peters MC. Enamel cracks. The role of enamel lamellae in caries initiation. *Aust Dent J* 1998 Apr; 43(2):110-116.
- <sup>29</sup> Pincus P. Further local factors affecting dental caries; the shape and contents of occlusal grooves. *Br Dent J* 1947 Jan 16; 84(2):25-28.
- <sup>30</sup> Amerise C, Delgado AM, Meheris H, Gordillo de Albornoz ME. Analisis morfoestructural con microscopia óptica y electrónica de transmisión del esmalte dentario humano en superficies oclusales. *Acta odontol venez* 2002; 40(1):48-52.
- <sup>31</sup> Fejerskov O. Concepts of dental caries and their consequences for understanding the disease. *Community Dent Oral Epidemiol* 1997 Feb; 25(1):5-12.
- <sup>32</sup> Kidd EA, Ricketts DN, Beighton D. Criteria for caries removal at the enamel-dentine junction: a clinical and microbiological study. *Br Dent J* 1996 Apr 20; 180(8):287-291.

- 
- <sup>33</sup> Nyvad B, Machiulskiene V, Baelum V. Reliability of a new caries diagnostic system differentiating between active and inactive caries lesions. *Caries Res* 1999 Jul-Aug; 33(4):252-260.
- <sup>34</sup> Nyvad B, Fejerskov O. Assessing the stage of caries lesion activity on the basis of clinical and microbiological examination. *Community Dent Oral Epidemiol* 1997 Feb; 25(1):69-75.
- <sup>35</sup> Ekstrand KR, Ricketts DN, Longbottom C, Pitts NB. Visual and tactile assessment of arrested initial enamel carious lesions: an in vivo pilot study. *Caries Res* 2005 May-Jun; 39(3):173-177.
- <sup>36</sup> Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. A systematic review of the performance of methods for identifying carious lesions. *J Public Health Dent* 2002 Fall; 62(4):201-213.
- <sup>37</sup> Lussi A. Validity of diagnostic and treatment decisions of fissure caries. *Caries Res* 1991; 25(4):296-303.
- <sup>38</sup> Verdonschot EH, Bronkhorst EM, Burgersdijk RC, Konig KG, Schaeken MJ, Truin GJ. Performance of some diagnostic systems in examinations for small occlusal carious lesions. *Caries Res* 1992; 26(1):59-64.
- <sup>39</sup> Ricketts D, Kidd E, Weerheijm K, de Soet H. Hidden caries: what is it? Does it exist? Does it matter? *Int Dent J* 1997 Oct; 47(5):259-265.
- <sup>40</sup> Wenzel A, Verdonschot EH, Truin GJ, Konig KG. Accuracy of visual inspection, fiber-optic transillumination, and various radiographic image modalities for the detection of occlusal caries in extracted non-cavitated teeth. *J Dent Res* 1992 Dec; 71(12):1934-1937.
- <sup>41</sup> Lussi A. Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res* 1993; 27(5):409-416.
- <sup>42</sup> Wenzel A, Larsen MJ, Fejerskov O. Detection of occlusal caries without cavitation by visual inspection, film radiographs, xeroradiographs, and digitized radiographs. *Caries Res* 1991; 25(5):365-371.

- 
- <sup>43</sup> Lizarelli RFZ, Bregagnolo JC, Lizarelli RZ, Palhares JMC, Villa GEP. A comparative in vitro study to diagnose decayed dental tissue using different methods. *Photomedicine and Laser Surgery* 2004; 22(3):205-210.
- <sup>44</sup> Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. Systematic reviews of selected dental caries diagnostic and management methods. *J Dent Educ* 2001 Oct; 65(10):960-968.
- <sup>45</sup> Bader JD, Shugars DA. A systematic review of the performance of a laser fluorescence device for detecting caries. *J Am Dent Assoc* 2004 Oct; 135(10):1413-1426.
- <sup>46</sup> Pitts NB. Diagnostic tools and measurements--impact on appropriate care. *Community Dent Oral Epidemiol* 1997 Feb; 25(1):24-35.
- <sup>47</sup> Milicich G. Clinical applications of new advances in occlusal caries diagnosis. *N Z Dent J* 2000 Mar; 96(423):23-26.
- <sup>48</sup> Hibst R, Paulus R, Lussi A. Detection of occlusal caries by laser fluorescence: Basic and clinical investigations. *Medical Laser Application* 2001; 16(3):205-213.
- <sup>49</sup> Anttonen V, Seppa L, Hausen H. A follow-up study of the use of DIAGNOdent for monitoring fissure caries in children. *Community Dent Oral Epidemiol* 2004 Aug; 32(4):312-318.
- <sup>50</sup> Ekstrand KR, Ricketts DN, Kidd EA. Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth of the occlusal surface: an in vitro examination. *Caries Res* 1997; 31(3):224-231.
- <sup>51</sup> Pitts NB. Clinical diagnosis of dental caries: a European perspective. *J Dent Educ* 2001 Oct; 65(10):972-978.
- <sup>52</sup> Morgan M. Dental laser identifies early stages of caries. *Dentistry today* 2000; 19(2):30-33.
- <sup>53</sup> Astvaldsdottir A, Holbrook WP, Traanaeus S. Consistency of Diagnodent instruments for clinical assessment of fissure caries. *A O Scand* 2004 Aug; 62(4):193-198.

- 
- <sup>54</sup> Krause F, Braun A, Eberhard J, Jepsen S. Laser fluorescence measurements compared to electrical resistance of residual dentine in excavated cavities in vivo. *Caries Research* 2007; 41(2):135-140.
- <sup>55</sup> Sheehy EC, Brailsford SR, Kidd EAM, Beighton D, Zoitopoulos L. Comparison between Visual Examination and a Laser Fluorescence System for in vivo Diagnosis of Occlusal Caries. *Caries Research* 2001; 35(6):421-426.
- <sup>56</sup> Perez Luyo AG. Capacidad diagnóstica de la fluorescencia láser para el diagnóstico de caries oclusal en dientes deciduos. *Rev Estomatol Herediana* 2004; 14(1-2):5-11.
- <sup>57</sup> Anttonen V, Seppa L, Hausen H. Clinical study of the use of the laser fluorescence device DIAGNOdent for detection of occlusal caries in children. *Caries Res* 2003 Jan-Feb; 37(1):17-23.
- <sup>58</sup> Angnes V, Angnes G, Batistella M, Grande RH, Loguercio AD, Reis A. Clinical effectiveness of laser fluorescence, visual inspection and radiography in the detection of occlusal caries. *Caries Res* 2005 Nov-Dec; 39(6):490-495.
- <sup>59</sup> Heinrich-Weltzien R, Kuhnisch J, Oehme T, Ziehe A, Stosser L, Garcia-Godoy F. Comparison of different DIAGNOdent cut-off limits for in vivo detection of occlusal caries. *Oper Dent* 2003 Nov-Dec; 28(6):672-680.
- <sup>60</sup> Davies GM, Worthington HV, Clarkson JE, Thomas P, Davies RM. The use of fibre-optic transillumination in general dental practice. *Br Dent J* 2001 Aug 11; 191(3):145-147.
- <sup>61</sup> Tranæus S. Clinical application of QLF and DD-two new methods for quantification of dental caries. Tesis Doctoral. Karolinska Institutet, Huddinge 2002.
- <sup>62</sup> Ngaotheppitak P, Darling CL, Fried D. Measurement of the severity of natural smooth surface (interproximal) caries lesions with polarization sensitive optical coherence tomography. *Lasers Surg Med* 2005 Jul; 37(1):78-88.

- 
- <sup>63</sup> Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *European Journal of Oral Sciences* 2001; 109(1):14-19.
- <sup>64</sup> McComb D, Tam LE. Diagnosis of occlusal caries: Part I. Conventional methods. *Journal (Canadian Dental Association)* 2001; 67(8):454-457.
- <sup>65</sup> Reis A, Mendes FM, Angnes V, Angnes G, Grande RH, Loguercio AD. Performance of methods of occlusal caries detection in permanent teeth under clinical and laboratory conditions. *J Dent* 2006 Feb; 34(2):89-96.
- <sup>66</sup> Abalos C, Herrera M, Jimenez-Planas A, Llamas R. Performance of laser fluorescence for detection of occlusal dentinal caries lesions in permanent molars: an in vivo study with total validation of the sample. *Caries Res* 2009; 43(2):137-141.
- <sup>67</sup> Rocha RO, Ardenghi TM, Oliveira LB, Rodrigues CR, Ciamponi AL. In vivo effectiveness of laser fluorescence compared to visual inspection and radiography for the detection of occlusal caries in primary teeth. *Caries Res* 2003 Nov-Dec; 37(6):437-441.
- <sup>68</sup> Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *Journal of Dentistry* 2006; 34(7):467-471.
- <sup>69</sup> El-Housseiny AA, Jamjoum H. Evaluation of visual, explorer, and a laser device for detection of early occlusal caries. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 2001;26(1):41-48.
- <sup>70</sup> Basting RT, Serra MC. Occlusal caries: diagnosis and noninvasive treatments. *Quintessence Int* 1999 Mar; 30(3):174-178.
- <sup>71</sup> Thylstrup A, Bruun C, Holmen L. In vivo caries models--mechanisms for caries initiation and arrestment. *Adv Dent Res* 1994 Jul; 8(2):144-157.
- <sup>72</sup> Ekstrand KR, Ricketts DN, Kidd EA, Qvist V, Schou S. Detection, diagnosing, monitoring and logical treatment of occlusal caries in relation to lesion activity and

---

severity: an in vivo examination with histological validation. *Caries Res* 1998; 32(4):247-254.

<sup>73</sup> Warren JJ, Levy SM, Kanellis MJ. Dental caries in the primary dentition: assessing prevalence of cavitated and noncavitated lesions. *J Public Health Dent* 2002 Spring; 62(2):109-114.

<sup>74</sup> Zanardo A, Rego MA. Occlusal caries diagnosis in permanent teeth: an *in vitro* study 2003; 6(3):50-57.

<sup>75</sup> Ekstrand KR, Kuzmina I, Bjorndal L, Thylstrup A. Relationship between external and histologic features of progressive stages of caries in the occlusal fossa. *Caries Res* 1995; 29(4):243-250.

<sup>76</sup> Heinrich-Weltzien R, Weerheijm KL, Kühnisch J, Oehme T, Stösser L. Clinical evaluation of visual, radiographic, and laser fluorescence methods for detection of occlusal caries. *Journal of Dentistry for Children* 2002; 69(2):127-132.

<sup>77</sup> Fung L, Smales R, Ngo H, Mount G. Diagnostic comparison of three groups of examiners using visual and laser fluorescence methods to detect occlusal caries in vitro. *Australian Dental Journal* 2004; 49(2):67-71.

<sup>78</sup> Reis A, Zach Jr. VL, Pedroso De Lima AC, De Lima Navarro MF, Miranda Grande RH. Occlusal caries detection: A comparison of DIAGNOdent® and two conventional diagnostic methods. *Journal of Clinical Dentistry* 2004; 15(3):76-82.

<sup>79</sup> Pereira AC, Verdonschot EH, Huysmans MC. Caries detection methods: can they aid decision making for invasive sealant treatment? *Caries Res* 2001 Mar-Apr; 35(2):83-89.

<sup>80</sup> Ashley P. Diagnosis of occlusal caries in primary teeth. *Int J Paediatr Dent* 2000 Jun; 10(2):166-171.

<sup>81</sup> Attrill DC. Occlusal caries detection in primary teeth: A comparison of DIAGNOdent with conventional methods. *British Dental Journal* 2001; 190(8):440-443.

- 
- <sup>82</sup> Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977 Mar; 33(1):159-174.
- <sup>83</sup> Alwas-Danowska HM, Plasschaert AJM, Suliborski S, Verdonschot EH. Reliability and validity issues of laser fluorescence measurements in occlusal caries diagnosis. *Journal of Dentistry* 2002; 30(4):129-134.
- <sup>84</sup> Ricketts DN, Kidd EA, Wilson RF. A re-evaluation of electrical resistance measurements for the diagnosis of occlusal caries. *Br Dent J* 1995 Jan 7; 178(1):11-17.
- <sup>85</sup> Ashley PF, Blinkhorn AS, Davies RM. Occlusal caries diagnosis: an in vitro histological validation of the Electronic Caries Monitor (ECM) and other methods. *J Dent* 1998 Mar; 26(2):83-88.
- <sup>86</sup> Costa AM, Paula LM, Bezerra AC. Use of Diagnodent for diagnosis of non-cavitated occlusal dentin caries. *J Appl Oral Sci* 2008 Feb; 16(1):18-23.
- <sup>87</sup> Lussi A, Francescut P. Performance of conventional and new methods for the detection of occlusal caries in deciduous teeth. *Caries Research* 2003; 37(1):2-7.
- <sup>88</sup> Gray GB, Paterson RC. Fissure caries diagnosis and resulting treatment decisions by clinical community dental officers and general dental practitioners. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 1997 Mar; 5(1):23-29.
- <sup>89</sup> Hamilton JC. Should a dental explorer be used to probe suspected carious lesions? Yes--an explorer is a time-tested tool for caries detection. *J Am Dent Assoc* 2005 Nov; 136(11):1526, 1528, 1530 passim.
- <sup>90</sup> Chong MJ, Seow WK, Purdie DM, Cheng E, Wan V. Visual-tactile examination compared with conventional radiography, digital radiography, and Diagnodent in the diagnosis of occlusal occult caries in extracted premolars. *Pediatric dentistry* 2003; 25(4):341-349.
- <sup>91</sup> Burin C, Burin C, Loguercio AD, Grande RHM, Reis A. Occlusal caries detection: A comparison of a laser fluorescence system and conventional methods. *Pediatric Dentistry* 2005; 27(4):307-312.

- 
- <sup>92</sup> Loesche WJ, Svanberg ML, Pape HR. Intraoral transmission of *Streptococcus mutans* by a dental explorer. *J Dent Res* 1979 Aug; 58(8):1765-1770.
- <sup>93</sup> Balda R, Solórzano AL, Gonzalez O. Lesión inicial de caries: Parte II. Métodos diagnósticos. *Acta Odontologica Venezolana* 1999; 37(3):67-71.
- <sup>94</sup> Tranæus S, Lindgren L-, Karlsson L, Angmar-Månsson B. In vivo validity and reliability of IR fluorescence measurements for caries detection and quantification. *Swedish Dental Journal* 2004; 28(4):173-182.
- <sup>95</sup> Yazici AR, Baseren M, Gokalp S. The in vitro performance of laser fluorescence and caries-detector dye for detecting residual carious dentin during tooth preparation. *Quintessence International* 2005; 36(6):417-422.
- <sup>96</sup> Rubio E, Cueto M, Suarez RM, Gonzalez F. Técnicas de diagnóstico de la caries dental. Descripción, indicaciones y valoración de su rendimiento. *Bol Pediatr* 2006; 46:23-31.
- <sup>97</sup> Fennis-le YL, Verdonschot EH, van't Hof MA. Performance of some diagnostic systems in the prediction of occlusal caries in permanent molars in 6- and 11-year-old children. *J Dent* 1998 Jul-Aug; 26(5-6):403-408.
- <sup>98</sup> Shi X-, Welander U, Angmar-Månsson B. Occlusal Caries Detection with KaVo DIAGNOdent and Radiography: An in vitro Comparison. *Caries Research* 2000; 34(2):151-158.
- <sup>99</sup> Ricketts DN, Whaites EJ, Kidd EA, Brown JE, Wilson RF. An evaluation of the diagnostic yield from bitewing radiographs of small approximal and occlusal carious lesions in a low prevalence sample in vitro using different film types and speeds. *Br Dent J* 1997 Jan 25; 182(2):51-58.
- <sup>100</sup> Machiulskiene V, Nyvad B, Baelum V. A comparison of clinical and radiographic caries diagnoses in posterior teeth of 12-year-old Lithuanian children. *Caries Res* 1999 Sep-Oct; 33(5):340-348.

- 
- <sup>101</sup> Wenzel A, Fejerskov O, Kidd E, Joyston-Bechal S, Groeneveld A. Depth of occlusal caries assessed clinically, by conventional film radiographs, and by digitized, processed radiographs. *Caries Res* 1990; 24(5):327-333.
- <sup>102</sup> Mestriner SF, Vinha D, Mestriner Junior W. Comparison of different methods for the occlusal dentine caries diagnosis. *Journal of Applied Oral Science* 2005; 13(1):28-34.
- <sup>103</sup> Cortes DF, Ekstrand KR, Elias-Boneta AR, Ellwood RP. An in vitro comparison of the ability of fibre-optic transillumination, visual inspection and radiographs to detect occlusal caries and evaluate lesion depth. *Caries Res* 2000 Nov-Dec; 34(6):443-447.
- <sup>104</sup> Wolwacz VF, Chapper A, Busato AL, Barbosa AN. Correlation between visual and radiographic examinations of non-cavitated occlusal caries lesions -- an in vivo study. *Braz Oral Res* 2004 Apr-Jun; 18(2):145-149.
- <sup>105</sup> Pitts NB. Systems for grading approximal carious lesions and overlaps diagnosed from bitewing radiographs. Proposals for future standardization. *Community Dent Oral Epidemiol* 1984 Apr; 12(2):114-122.
- <sup>106</sup> Galcerá Civera V, Almerich Silla JM, Montiel Company JM, Forner Navarro L. Clinical and radiographic diagnosis of approximal and occlusal dental caries in a low risk population. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal (Internet)* 2007;12(3):252-257.
- <sup>107</sup> Huysmans MC, Longbottom C, Pitts N. Electrical methods in occlusal caries diagnosis: An in vitro comparison with visual inspection and bite-wing radiography. *Caries Res* 1998; 32(5):324-329.
- <sup>108</sup> Wenzel A. Digital radiography and caries diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol* 1998 Jan; 27(1):3-11.
- <sup>109</sup> Haiter-Neto F, Wenzel A, Gotfredsen E. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans compared with intraoral image modalities for detection of caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol* 2008 Jan; 37(1):18-22.

- 
- <sup>110</sup> Stephen KW, Russell JI, Creanor SL, Burchell CK. Comparison of fibre optic transillumination with clinical and radiographic caries diagnosis. *Community Dent Oral Epidemiol* 1987 Apr; 15(2):90-94.
- <sup>111</sup> Cortes DF, Ellwood RP, Ekstrand KR. An in vitro comparison of a combined FOTI/visual examination of occlusal caries with other caries diagnostic methods and the effect of stain on their diagnostic performance. *Caries Res* 2003 Jan-Feb; 37(1):8-16.
- <sup>112</sup> Ellwood R.P, Kavanagh D., Jones R.P, Chesters R.K, Hungtington E., O'Mullane D.M. FOTI diagnosis of occlusal caries in a 3-year clinical trial. *Caries Res* 1997;31:282.
- <sup>113</sup> Chesters RK, Pitts NB, Matuliene G, Kvedariene A, Huntington E, Bendinskaite R, et al. An abbreviated caries clinical trial design validated over 24 months. *J Dent Res* 2002 Sep; 81(9):637-640.
- <sup>114</sup> Vaarkamp J, ten Bosch J, Verdonschot EH, Huysmans MC. Wavelength-dependent fibre-optic transillumination of small approximal caries lesions: the use of a dye, and a comparison to bitewing radiography. *Caries Res* 1997; 31(3):232-237.
- <sup>115</sup> Schneiderman A, Elbaum M, Shultz T, Keem S, Greenebaum M, Driller J. Assessment of dental caries with Digital Imaging Fiber-Optic Transillumination (DIFOTI): in vitro study. *Caries Res* 1997; 31(2):103-110.
- <sup>116</sup> Hibst R, Gall R. Development of a diode laser-based fluorescence caries detector. *Caries Res* 1998; 32:294.
- <sup>117</sup> Takamori K, Hokari N, Okumura Y, Watanabe S. Detection of occlusal caries under sealants by use of a laser fluorescence system. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery* 2001; 19(5):267-271.
- <sup>118</sup> Lussi A, Hibst R, Paulus R. DIAGNOdent: An optical method for caries detection. *Journal of Dental Research* 2004; 83(SPEC. ISS. C).
- <sup>119</sup> Tonioli MB, Bouschlicher MR, Hillis SL. Laser fluorescence detection of occlusal caries. *Am J Dent* 2002; 15(4):268-273.

- 
- <sup>120</sup> Lussi A, Imwinkelried S, Pitts NB, Longbottom C, Reich E. Performance and Reproducibility of a Laser Fluorescence System for Detection of Occlusal Caries in vitro. *Caries Research* 1999; 33(4):261-266.
- <sup>121</sup> Lussi A, Longbottom C, Gygax M, Braig F. Influence of professional cleaning and drying of occlusal surfaces on laser fluorescence in vivo. *Caries Res* 2005 Jul-Aug; 39(4):284-286.
- <sup>122</sup> Tomasik M, Weyna E, Tomasik E, Lipski M, Woźniak K, Rulkowska H. Comparison of visual and laser examination of first permanent molars in patients aged 6-7 years. *Durham Anthropology Journal* 2005; 12:2-3.
- <sup>123</sup> Abalos, C., Guerrero, E., Jiménez-Planas, A. Residual caries detection using laser fluorescence: an in vivo study. *Clin Oral Invest* 2009 March 2009; 13(1):81.
- <sup>124</sup> Mendes FM, Pinheiro SL, Bengtson AL. Effect of alteration in organic material of the occlusal caries on DIAGNOdent readings. *Pesquisa odontologica brasileira = Brazilian oral research* 2004; 18(2):141-144.
- <sup>125</sup> Braun A, Krause F, Jepsen S. The influence of the calibration mode of a laser fluorescence device on caries detection. *Caries Res* 2005 Mar-Apr; 39(2):144-149.
- <sup>126</sup> Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. Laser fluorescence may increase diagnostic sensitivity in detecting class I caries. *Journal of Evidence-Based Dental Practice* 2001; 1(2):95-96.
- <sup>127</sup> Pinelli C, Serra MC, Loffredo LDCM. Validity and reproducibility of a laser fluorescence system for detecting the activity of white-spot lesions on free smooth surfaces in vivo. *Caries Research* 2002; 36(1):19-24.
- <sup>128</sup> Lussi A, Hack A, Hug I, Heckenberger H, Megert B, Stich H. Detection of approximal caries with a new laser fluorescence device. *Caries Research* 2006; 40(2):97-103.
- <sup>129</sup> Verdonschot EH, van der Veen MH. Lasers in dentistry 2. Diagnosis of dental caries with lasers. *Nederlands Tijdschrift voor Tandheelkunde* 2002; 109(4):122-126.

- 
- <sup>130</sup> Heinrich-Weltzien R, Kuhnisch J, Iffland S, Tranaeus S, Angmar-Mansson B, Stosser L. Detection of initial caries lesions on smooth surfaces by quantitative light-induced fluorescence and visual examination: an in vivo comparison. *Eur J Oral Sci* 2005 Dec; 113(6):494-498.
- <sup>131</sup> Kuhnisch J, Heinrich-Weltzien R. Quantitative light-induced fluorescence (QLF)--a literature review. *Int J Comput Dent* 2004 Oct; 7(4):325-338.
- <sup>132</sup> Tranæus S, Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Stösser L, Angmar-Månsson B. Potential Applications and Limitations of Quantitative Light-induced Fluorescence in Dentistry. *Medical Laser Application* 2001; 16(3):195-204.
- <sup>133</sup> Kesler G, Masychev V, Sokolovsky A, Alexandrov M, Kesler A, Koren R. Photon undulatory non-linear conversion diagnostic method for caries detection: A pilot study. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery* 2003; 21(4):209-217.
- <sup>134</sup> Tranaeus S, Shi XQ, Lindgren LE, Trollsas K, Angmar-Mansson B. In vivo repeatability and reproducibility of the quantitative light-induced fluorescence method. *Caries Res* 2002 Jan-Feb; 36(1):3-9.
- <sup>135</sup> Ando M, van Der Veen MH, Schemehorn BR, Stookey GK. Comparative study to quantify demineralized enamel in deciduous and permanent teeth using laser- and light-induced fluorescence techniques. *Caries Res* 2001 Nov-Dec; 35(6):464-470.
- <sup>136</sup> Shi X-, Tranæus S, Angmar-Månsson B. Comparison of QLF and DIAGNOdent for Quantification of Smooth Surface Caries. *Caries Research* 2001; 35(1):21-26.
- <sup>137</sup> Lussi A, Firestone A, Schoenberg V, Hotz P, Stich H. In vivo diagnosis of fissure caries using a new electrical resistance monitor. *Caries Res* 1995; 29(2):81-87.
- <sup>138</sup> Ekstrand KR. Improving clinical visual detection--potential for caries clinical trials. *J Dent Res* 2004; 83 Spec No C:C67-71.
- <sup>139</sup> Zweig MH, Campbell G. Receiver-operating characteristic (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. *Clin Chem* 1993 Apr; 39(4):561-577.

- 
- <sup>140</sup> Rodrigues JA, Hug I, Diniz MB, Lussi A. Performance of fluorescence methods, radiographic examination and ICDAS II on occlusal surfaces in vitro. *Caries Res* 2008; 42(4):297-304.
- <sup>141</sup> Abalos C, Mendoza A, Jiménez-Planas A, Guerrero E, Chaparro A. Performance of laser fluorescence in detecting enamel caries in permanent molars: An in vivo study with total validation of the sample. *Am J Dent* 2012; (Aceptado).
- <sup>142</sup> Chu CH, Lo EC, You DS. Clinical diagnosis of fissure caries with conventional and laser-induced fluorescence techniques. *Lasers Med Sci* 2010 May; 25(3):355-362.
- <sup>143</sup> Costa AM, Bezzerra AC, Fuks AB. Assessment of the accuracy of visual examination, bite-wing radiographs and DIAGNOdent on the diagnosis of occlusal caries. *Eur Arch Paediatr Dent* 2007 Jun; 8(2):118-122.
- <sup>144</sup> Diniz MB, Rodrigues JA, de Paula AB, Cordeiro Rde C. In vivo evaluation of laser fluorescence performance using different cut-off limits for occlusal caries detection. *Lasers Med Sci* 2009 May; 24(3):295-300.
- <sup>145</sup> Li X, Fan X, Jia SH, Hu DY. Clinical study of use of laser fluorescence for detecting occlusal caries in deciduous teeth. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2006 Feb; 24(1):36-38.
- <sup>146</sup> Verdonshot EH, Wenzel A, Truin GJ, Konig KG. Performance of electrical resistance measurements adjunct to visual inspection in the early diagnosis of occlusal caries. *J Dent* 1993 Dec; 21(6):332-337.
- <sup>147</sup> Pitts N. "ICDAS"--an international system for caries detection and assessment being developed to facilitate caries epidemiology, research and appropriate clinical management. *Community Dent Health* 2004 Sep; 21(3):193-198.
- <sup>148</sup> Kuhnisch J, Goddon I, Berger S, Senkel H, Bucher K, Oehme T, et al. Development, methodology and potential of the new Universal Visual Scoring System (UniViSS) for caries detection and diagnosis. *Int J Environ Res Public Health* 2009 Sep; 6(9):2500-2509.

- 
- <sup>149</sup> Pitts NB, Stamm JW. International Consensus Workshop on Caries Clinical Trials (ICW-CCT)--final consensus statements: agreeing where the evidence leads. *J Dent Res* 2004; 83 Spec No C:C125-8.
- <sup>150</sup> Olmez A, Tuna D, Oznurhan F. Clinical evaluation of diagnodent in detection of occlusal caries in children. *J Clin Pediatr Dent* 2006 Summer; 30(4):287-291.
- <sup>151</sup> Forgie AH, Pine CM, Pitts NB. The use of magnification in a preventive approach to caries detection. *Quintessence Int* 2002 Jan; 33(1):13-16.
- <sup>152</sup> Llamas Cadaval R. Síndrome del Diente Fisurado. Madrid: Fund. Vdent; 2004.
- <sup>153</sup> Yazici AR, Atilla P, Özgünaltay G, Müftüoğlu S. In vitro comparison of the efficacy of Carisolv™ and conventional rotary instrument in caries removal. *Journal of Oral Rehabilitation* 2003; 30(12):1177-1182.
- <sup>154</sup> Wenzel A. Bitewing and digital bitewing radiography for detection of caries lesions. *J Dent Res* 2004; 83 Spec No C:C72-5.
- <sup>155</sup> Hintze H, Wenzel A. Clinical and laboratory radiographic caries diagnosis. A study of the same teeth. *Dentomaxillofac Radiol* 1996 Jun; 25(3):115-118.
- <sup>156</sup> Hintze H, Wenzel A, Jones C. In vitro comparison of D- and E-speed film radiography, RVG, and visualix digital radiography for the detection of enamel approximal and dentinal occlusal caries lesions. *Caries Res* 1994; 28(5):363-367.
- <sup>157</sup> Başeren NM, Gokalp S. Validity of a laser fluorescence system (DIAGNOdent) for detection of occlusal caries in third molars: An in vitro study. *Journal of Oral Rehabilitation* 2003; 30(12):1190-1194.
- <sup>158</sup> Bamzahir M, Shi X-, Angmar-Månsson B. Occlusal caries detection and quantification by DIAGNOdent and Electronic Caries Monitor: In vitro comparison. *Acta Odontologica Scandinavica* 2002; 60(6):360-364.

- 
- <sup>159</sup> Francescut P, Zimmerli B, Lussi A. Influence of different storage methods on laser fluorescence values: A two-year study. *Caries Research* 2006; 40(3):181-185.
- <sup>160</sup> Hibst R, Paulus R. Caries detection by red excited fluorescence: investigations on fluorophores. *Caries Res* 1999; 33:295.
- <sup>161</sup> Farah RA, Drummond BK, Swain MV, Williams S. Relationship between laser fluorescence and enamel hypomineralisation. *J Dent* 2008 Nov; 36(11):915-921.
- <sup>162</sup> Gorniak E. Fluorescence of enamel before and after etching: an in vivo and in vitro study. *Ann Acad Med Stetin* 2006; 52(3):119-24; discussion 124.
- <sup>163</sup> Francescut P, Lussi A. Correlation between fissure discoloration, Diagnodent measurements, and caries depth: an in vitro study. *Pediatric dentistry* 2003; 25(6):559-564.
- <sup>164</sup> G<sup>a</sup> Barbero J. *Patología y Terapéutica Dental*. Madrid: Ed. Síntesis; 2002.
- <sup>165</sup> Tam LE, McComb D. Diagnosis of occlusal caries: Part II. Recent diagnostic technologies. *J Can Dent Assoc* 2001 Sep; 67(8):459-463.
- <sup>166</sup> McComb D. Caries-detector dyes--how accurate and useful are they? *J Can Dent Assoc* 2000 Apr; 66(4):195-198.
- <sup>167</sup> Al-Sehaibany F, White G, Rainey JT. The use of caries detector dye in diagnosis of occlusal carious lesions. *J Clin Pediatr Dent* 1996 Summer; 20(4):293-298.
- <sup>168</sup> Kidd EA, Joyston-Bechal S, Smith MM, Allan R, Howe L, Smith SR. The use of a caries detector dye in cavity preparation. *Br Dent J* 1989 Aug 19; 167(4):132-134.
- <sup>169</sup> Boston DW, Graver HT. Histological study of an acid red caries-disclosing dye. *Oper Dent* 1989 Autumn; 14(4):186-192.

---

<sup>170</sup> Holmen L, Mejare I, Malmgren B, Thylstrup A. The effect of regular professional plaque removal on dental caries in vivo. A polarized light and scanning electron microscope study. *Caries Res* 1988; 22(4):250-256.

<sup>171</sup> Costa AM, Yamaguti PM, De Paula LM, Bezerra ACB. In vitro study of laser diode 655 nm diagnosis of occlusal caries. *Journal of Dentistry for Children* 2002; 69(3):249-253.

---

## **IX. ANEXO**



---

## INFORME DEL COMITÉ ÉTICO DE LA U.S.



A quien pueda interesar:

El Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla, habiendo examinado el Proyecto "ESTUDIO IN VIVO DEL DIAGNÓSTICO DE LA CARIES OCULTA DE DENTINA" presentado por D. Antonio Chaparro Heredia y D. Camilo Ábalos Lebruzzi, emite el siguiente informe,

El proyecto cumple los requisitos exigidos para experimentación en sujetos humanos y en animales, y se ajusta a las normativas vigentes en España y en la Unión Europea.

Sevilla, a 24 de junio de 2009.

EL PRESIDENTE DEL COMITE,

Fdo.: Profa. Dra. María Tortolero García.



---

## PUBLICACIONES DE ESTA TESIS

Este trabajo de investigación ha contribuido a dos publicaciones científicas en revistas internacionales dentro del Journal Citation Reports del Science Citation Index (SCI).

**La primera investigación** surge al valorar el límite cavitario mediante láserfluorescencia a medida que vamos eliminando el tejido cariado. Los datos se iban recogiendo en la ficha (Figura 23). Hemos preferido incluir la metodología y los resultados en este apartado de publicaciones, dado que no permite la comparación con otras pruebas diagnósticas. Datos de la publicación:

**En Revista Indexada (JCR-2009) en Q1 (12/64);**

- Autor/es: **C. Abalos, E. Guerrero, A. Jiménez Planas.**
  - Título de la aportación: ***Residual caries detection using laser fluorescente: an in vivo study.***
  - Entidad organizadora **European Federation of Conservative Dentistry (EFCD) y Sociedad Española de Odontología Conservadora (SEOC)**
  - Título del Congreso: **4º CONSEURO con 17º Congreso Nacional de la SEOC.**
  - Ámbito del congreso: **Internacional**
  - Tipo de participación. **Póster**
  - Lugar de celebración. **Sevilla.**
  - Fecha de celebración **12, 13 y 14 marzo, 2009**
  - **Publicado**→Nombre de la revista. **CLINICAL ORAL INVESTIGATIONS**
  - Volumen. **13(1)**
  - Página inicial y final del artículo. **81-81**
  - Editorial. **SPRINGER**
  - País de publicación **Alemania**
  - Año de publicación. **2009**
  - ISSN. **1432-6981**
- Indicios de calidad :**
- **Factor de Impacto= 2.233 (Base -JCR en ISI- año 2009)**
  - **Categoría: DENTISTRY, ORAL SURGERY & MEDICINE**
  - **Puesto Revista: Q1 (12 /64)**

---

# Clinical Oral Investigations

1  
2009

 Springer

### MAT 088. Conversion degree, Bis-GMA release and cytotoxicity of a photopolymerizable dental composite resin

G. LA TORRE, L. MARIGO, G. NOCCA, F. DE PALMA, A. LUPI, F. SOMMA\*, G. RUMI

Catholic University of Sacred Heart

**Introduction and objectives:** The dental composite resins cytotoxicity mainly depends on the presence of unpolymerized methacrylic monomers that can be released in the oral cavity. Purpose of this work was the evaluation of the conversion degree, the Bis-GMA monomer release and the *in vitro* cytotoxicity of Els (Saremo Dental) composite resin.

**Materials and methods:** Halogen (Blue light pro, Mectron Medical Technology) or LED (Miniled Satelec, Acteon group) were utilized to polymerise circular samples; the surfaces of the latter were then analyzed by the FT-IR ATR technique. The conversion degree was determined evaluating the ratio between the intensity of two signals (C=C of methacrylic group at 1637 cm<sup>-1</sup> and Bis-GMA aromatic ring at 1609 cm<sup>-1</sup> utilized as internal standard). Similar samples were dipped in 75% alcohol (24 h) to allow the release of Bis-GMA, then quantified by HPLC technique. Cellular toxicity was evaluated using murine fibroblasts with MTT ed NRU tests.

**Results and discussion:** No differences of cytotoxicity were detected in samples cured with halogen or LED source; by the way samples cured with Miniled showed a lower conversion degree and a consequent greater Bis-GMA release.

**Conclusions:** It was possible to correlate the Bis-GMA release with the conversion degree of Els composite resin highlighting an invariance of cytotoxicity – resulted however moderate – in all examined conditions.

### OP 089. Residual caries detection using laser fluorescence: an in vivo study

C. ABALOS<sup>1,2\*</sup>, E. GUERRERO<sup>2</sup>, A. JIMENEZ-PLANAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Dental Materials; <sup>2</sup>Department of Dental Pathology and Therapeutics, University of Seville (US), Seville, Spain

DIAGNOdent®	n	Median (limits)	Sensitivity (cut-off >13)	Specificity (cut-off >10 / cut-off>13)
Dentin caries	71	41.96 (99–15)	1.00	–
Healthy dentin (A)	71	10.71(55–2)	–	0.76 / 0.82
Stained dentin (B)	9	38.44 (55–14)	–	0.0 / 0.0
Thickness <1 mm (C)	5	14.6(18–10)	–	0.4 / 0.2
A-(B+C)	57	5.6 (13–2)	–	0.91 / 0.98

**Introduction and objectives:** Currently, it is difficult to determine the endpoint of caries removal. The internationally accepted clinical criterion for healthy dentin is its hardness (Kidd, 1996). Laser-fluorescence has shown itself to be effective in detecting irreversibly denatured collagen from carious dentin, differentiating it from healthy collagen. However, it can show false positives when there are brown areas or dentin close to the pulp. The objective of this investigation is to determine the performance of DIAGNOdent® at the endpoint of caries removal.

**Materials and methods:** This in vivo study was approved by the University of Seville ethics committee. We chose 71 permanent molars with dentin caries and carried out two laser-fluorescence measurements: one with infected dentin and another once clean. The “Gold Standard” was the hardness of the dentin. The color was registered, as well as the thickness of the walls and the distance to the pulp via digital radiography software (Digora®). The sensitivity and the specificity were determined.

**Results and discussion:** The results are shown in table 1.

**Conclusions:** DIAGNOdent® is a method with a high level of performance in establishing the endpoint of caries removal. However, it is not useful in stained dentin and the results can be affected when the thickness is less than 1 mm.

### END 090. Micromorphology of adhesively bonded root canal dentin following different irrigation protocols

M. FEDERLIN\*, B. THONEMANN, G. SCHMALZ

University of Regensburg Dental School

**Introduction and objectives:** Recently, adhesive obturation materials have been developed to provide for a more effective seal of endodontically restored teeth. In the present study, the micromorphology of the adhesive-sealer/root-canal-dentin (RCD) interface was characterized as a function of the chemo-mechanical modification of RCD through instrumentation/irrigation.



---

**La segunda publicación** surge al valorar la laserfluorescencia como una prueba diagnóstica de la caries oclusal no cavitada de esmalte y como método coadyuvante de la Inspección Visual. Este artículo está aceptado para su publicación en el 2012 en el American Journal of Dentistry. Los datos de la publicación son:

**Revista Indexada** en Journal Citation Reports (JCR) en **Q3 (48 /74)**

- Autor/es. **C. Abalos, A. Mendoza, A. Jimenez-Planas, E. Guerrero, A.Chaparro, F. Garcia-Godoy.**
- Título. ***Performance of Laser Fluorescence for the Detection of Enamel Caries in Non-Cavitated Occlusal Surfaces: Clinical Study with Total Validation of the Sample***
- Nombre de la revista. **AMERICAN JOURNAL DENTISTRY**
- Volumen. **Aceptado para su publicación**
- Editorial. **MOSHER & LINDER, INC**
- País de publicación. **Estados Unidos**
- Año de publicación. **Aceptado 2012**
- ISSN. **0894-8275**

**Indicios de calidad :**

- **Factor de Impacto= 1.145 (Base -JCR en ISI- año 2010)**
- **Categoría: DENTISTRY, ORAL SURGERY & MEDICINE**
- **Puesto Revista: Q3 (48 de 74)**

---

**AMERICAN  
JOURNAL OF  
DENTISTRY**

Published by Mosher & Lindor, Inc.

Dr. Franklin Garcia-Godoy, Editor  
*American Journal of Dentistry*  
1138 North Germantown Parkway, #360  
Cordova, TN 38108  
USA  
Telephone (901) 752-1225  
Fax: (901) 752-1881  
E-mail: [godoy@amjdent.com](mailto:godoy@amjdent.com)

[www.amjdent.com](http://www.amjdent.com)

---

August 6, 2011

Dr. Camilo Abalos  
Departments of Dental Pathology and Therapeutics and Dental Materials  
School of Dentistry  
University of Seville  
Spain.

E-mail: [cabalos@us.es](mailto:cabalos@us.es)

**Re: Performance of Laser Fluorescence for the Detection of Enamel Caries in  
Non-Cavitated Occlusal Surfaces: Clinical Study with Total Validation of the  
Sample**

Dr. Cabalos:

I am pleased to inform you that your manuscript mentioned above has been accepted for publication in the *American Journal of Dentistry*. Before publication you will receive page proofs for your approval.

The article will be published in 2012.

Again, thank you for considering the *American Journal of Dentistry*.

Sincerely,



Prof. Dr. Franklin Garcia-Godoy  
Editor

---

# Performance of Laser Fluorescence for the Detection of Enamel Caries in Non-Cavitated Occlusal Surfaces: Clinical Study with Total Validation of the Sample

**Short title:** Detection of enamel caries by laser fluorescence

Camilo Abalos, DDS, MD, PhD<sup>ab</sup>; Asunción Mendoza, DDS, MD, PhD<sup>c</sup>; Amparo Jimenez-Planas, DDS, MD, PhD<sup>b</sup>; Elena Guerrero, DDS, DD<sup>a</sup>; Antonio Chaparro, DDS, MD, PhD<sup>a</sup>, and Franklin Garcia-Godoy, DDS, MS<sup>d</sup>

<sup>a</sup>*Department of Dental Pathology and Therapeutics, <sup>b</sup>Department of Dental Materials, and <sup>c</sup>Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, University of Seville, Spain.*

<sup>d</sup>*Department of Bioscience Research, College of Dentistry, University of Tennessee, Memphis, Tennessee, USA.*

Corresponding author:

**Camilo Abalos**, Universidad de Sevilla, Facultad de Odontología, C/ Avicena s/n, 41009 - Sevilla (Spain).  
Fax number: 0034954481157; Telephone number: +34954481137; E-mail: [cabalos@us.es](mailto:cabalos@us.es)

Co-authors:

**Mendoza A, Jimenez-Planas A, Guerrero E, and Chaparro A:** Facultad de Odontología, c/ Avicena s/n, 41009 - Sevilla, Spain. Telephone number: +34954481137; Fax number: 0034954481157; E-mail address: [amendoza@us.es](mailto:amendoza@us.es), [ajplanas@us.es](mailto:ajplanas@us.es), [guerreroelena@hotmail.com](mailto:guerreroelena@hotmail.com), [achh@us.es](mailto:achh@us.es).

**Garcia-Godoy, F.** College of Dentistry, University of Tennessee, Memphis, Tennessee, USA; . E-mail address: [fgarciagodoy@gmail.com](mailto:fgarciagodoy@gmail.com)

## Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest related to this study.

---

## Performance of Laser Fluorescence for the Detection of Enamel Caries in Non-Cavitated Occlusal Surfaces: Clinical Study with Total Validation of the Sample

### ABSTRACT

**Purpose:** To evaluate the in vivo performance of a laser fluorescence device in detecting enamel caries in non-cavitated occlusal surfaces. **Methods:** The sample included 96 first and second permanent molars, selected according to the criteria of Ekstrand: 44 not suspected of having dentin caries (score: 0–2) and 52 under suspicion (score: 3–4). Once measured by laser fluorescence, all teeth were validated by fissurotomy (gold standard). To avoid ethical questions, the 44 teeth (score: 0–2) used were to serve as abutments for a fixed dental prostheses. Following fissurotomy, the 52 teeth with suspected caries were treated with composite resin restorations. **Results:** Laser fluorescence showed an area under the Receiver Operating Characteristic (ROC) curve of  $A_z = 0.803$  for enamel caries. The cut-off point with the highest sensitivity and specificity was 15, with a sensitivity and specificity of 0.97 and 0.63, respectively. Values under 10 indicate healthy teeth.

### CLINICAL SIGNIFICANCE

Compared with other studies, the present clinical study shows a more realistic calculation of the data for first and second permanent molars. In clinical application, scores under 10 with normal visual inspection findings indicated healthy teeth. All teeth with scores between 15–20 should receive preventive treatment and be monitored. Scores above 20 may imply that the lesion has spread to the dentin.

---

## Introduction

The disease pattern and epidemiology of dental caries have changed. Despite the decrease in caries in industrialized countries, occlusal fissures continue to be one of the most common places for the disease to develop (1). The most notable decrease has occurred fundamentally on smooth surfaces which are easily accessible to fluoride and hygiene habits (2). On the other hand, enamel caries now progress at a slower rate, and macroscopically intact surfaces may not show evidence of the existence of these hidden caries until the time when the lesions progress and further breakdown occurs. Modern dentistry should be preventive rather than invasive. Therefore, it is preferable for diagnostic tools to detect the initial stages of the disease and the earliest signs of enamel demineralization.

The accuracy of the DIAGNOdent laser fluorescence (LF) device (Kavo, Biberach, Germany) has been used in both laboratory (3-6) and in clinical studies (7-12). Based on the findings of these studies, LF is considered to be a diagnostic tool with excellent reproducibility (3,4), as well as being useful for monitoring enamel lesions (6,12-15) thus representing a valuable addition to clinical examination (11,16-19).

Ideal conditions do not exist for LF studies in permanent molars. Laboratory studies of caries detection are performed under better conditions than clinical studies, since there is no bacterial plaque, acquired pellicle, or presence of saliva or soft tissues (20,21). Moreover, laboratory studies allow histopathological validation to assess lesion extent more accurately, though such validation can be too sensitive and may detect even minimum changes in dentin (20,21). Despite the above, the application of results from laboratory studies is questionable, since research has shown that the disinfection fluid in which the extracted teeth are stored can affect the LF measurements (3,4,22).

Few studies on the diagnosis of occlusal caries have been made under clinical conditions, where histological validation is used as the gold standard after extraction of the premolars or third molars (19,21,23), or primary teeth (19,24). The application of results obtained from premolars

---

and third molars to first and second molars is limited. The more pronounced groove-fossa system of first and second molars could induce a greater proportion of deeper carious lesions than in third molars (25).

Although clinical caries diagnostic studies are conducted under clinical conditions, caries lesions can only be validated by fissurotomy, where dentin caries are thought to be present, due to ethical reasons. Therefore, the investigator must accept that the lesions which do not appear to have caries or with enamel caries must correspond to this standard. This validation method cannot detect false negative results. If the non-validated teeth are included in the sample, the total number of teeth with hidden caries remains unknown (7,20). If such teeth are excluded from the sample, an obvious dilemma is created for the researchers in regard to validity as well as to diagnostic accuracy in clinical studies. This indicates a prevalence of nearly 100%, in addition to an unrealistic calculation of sensitivity and specificity values (10,25). There is only one in vivo investigation on first and second molars with total validation of the sample, including molars that appeared healthy (17). This study was carried out by our group, though at dentin caries level.

Thus, the present study was carried out under clinical conditions, involving first and second permanent molars with complete validation of the sample, both teeth with suspected caries and healthy teeth, in order to calculate realistic sensitivity and specificity values in enamel caries, which have not been reported in this way to date. In order to solve ethical questions, sound teeth or teeth with enamel lesions serving as abutments for a fixed-fixed bridge were selected.

## **Materials and Methods**

**Sample selection** - After signing the corresponding informed consent forms, 44 healthy subjects between 19-29 years of age (mean 23.8) and scheduled for prosthetic treatment to replace missing posterior teeth were included in the study, which was approved by the Research Ethics Committee of the University of Seville (Spain). These subjects had first or second molars ( $n_1=44$ ) which were going to serve as abutments for a fixed bridge. These molars were chosen because,

---

according to the criteria of Ekstrand et al. (20), they were not suspected to have hidden lesions (score 0-2). Other first and second molars ( $n_2=52$ ) of the same subjects were also chosen, though these were suspected to have hidden lesions (score 3-4) (20). The total sample was composed of 96 molars ( $n_1+n_2$ ): 35 first (29 upper and 6 lower) and 61 second (29 upper and 32 lower) molars. The criteria established by Ekstrand et al. (20) are the following: 0 = no change or only slight changes in enamel translucency after prolonged air drying (>5 s); 1 = opacity or discoloration hardly visible on the wet surface, but distinctly visible after air drying; 2 = opacity or discoloration distinctly visible without air drying; 3 = localized enamel breakdown in opaque or discolored enamel and/or grayish discoloration from underlying dentin; and 4 = cavitation in opaque or discolored enamel exposing the dentin. Visual inspection was made by an operator (Op-1) experienced in the diagnosis of caries. He was calibrated before this clinical study in the following way: 20 first and second permanent molars with macroscopically intact surfaces (not included in the sample) were visually inspected under *in vitro* conditions by the examiner (Op-1) and by another experienced operator (Op-2). Cohen's kappa was used to determine inter-examiner reproducibility, yielding a kappa index ( $k$ ) with substantial agreement ( $k = 0.70$ ). Op-1 inspected the teeth twice to determine intra-examiner reproducibility: the result obtained indicated almost perfect agreement ( $k = 0.90$ ).

The inclusion criteria for teeth in this study were: macroscopically intact occlusal surfaces, absence of occlusal restorations and fissure sealants, absence of hypoplastic pits, patients without an advanced degree of fluorosis, and absence of carious lesions on smooth and approximal surfaces.

### **Laser fluorescence calibration and examination**

An LF device (DIAGNOdent, KaVo, Biberach, Germany) was used for the examination. The measurements were taken by an operator (Op-1) experienced in the clinical use of LF. He was calibrated before this clinical study in the same way as for visual inspection, though in this

---

case under clinical conditions. Each operator took two measurements for each molar. The examiners were instructed to analyze each molar independently. Cohen's kappa was calculated to determine inter-examiner reproducibility, yielding  $k = 0.85$ . The examiner again took the measurements to assess intra-examiner reproducibility, yielding  $k = 0.90$ . Kappa indexes  $> 0.80$  indicate almost perfect agreement.

Before LF examination, the teeth were cleaned with a rotating brush (Nylon Brush 835, KerrHawe, Bioggio, Switzerland) and water. The LF device was calibrated with a provided ceramic standard, as recommended by the manufacturer's instructions. The standard value was established for each tooth by measuring the fluorescence on a sound region located on the buccal surface. Sites were evaluated under cotton roll isolation and tooth-drying with a 5-second air spray to standardize the humidity. Afterwards, the cone-shaped tip (tip A) was positioned on the target site and rotated around its long axis, and the maximum LF reading obtained from the whole fissure pattern was recorded. Two measurements were made by the examiner at each occlusal site, and the mean value was calculated. A second person recorded the measurements, due to the fact that the examiner was blinded to the measurements as well as to the sound of the LF.

### **Validation by fissurotomy and visual inspection**

The same examiner who took the measurements with the LF device carefully opened all of the occlusal fissures using a fissurotomy bur #88914-314-007 set 4337 (Komet®, Lemgo, Germany). In order to identify the clinical signs of mineral loss, each time the bur gently went over the fissure, it was visually inspected under a magnification of  $\times 2.6$  (Orascopic Dimension-3, Orascopic Research, Inc., WI, USA). The loss of normal enamel translucency as well as the appearance of opacity visible after or without air-drying was used as an indication of the onset of caries (26). Once the process reached the dentin, the presence or absence of dentinal caries was assessed using a sharp explorer to check hardness. The criterion for healthy dentin was established as dentin which was hard to a probe. Dentin with

---

caries was eliminated, and the endpoint for complete caries removal was the presence of hard dentin only, and the absence of any soft dentin (27). The extent of the lesion was then determined according to the following scale, based on the criteria of Ekstrand et al. (20):

- **Healthy (D<sub>0</sub>)** - No change or only slight changes in enamel translucency after prolonged air drying (>5 s), at visual inspection initially or during fissurotomy.

- **Enamel caries (D<sub>1+2</sub>)** - Opacity or discoloration hardly visible on the wet surface, but distinctly visible after air drying; or opacity or discoloration distinctly visible without air drying, at visual inspection initially or during fissurotomy. In D<sub>0</sub> and D<sub>1+2</sub>, the dentin must be hard in response to probing.

- **Dentin caries (D<sub>3+4</sub>)** - Soft dentin in response to probing.

### **Statistical analysis**

The data were analyzed with the SPSS version 14.0 statistical package (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The LF readings were categorized into different groups and the median and interquartile range were calculated for (D<sub>0</sub>), (D<sub>1+2</sub>) and (D<sub>3+4</sub>). In order to evaluate the statistical significance of the differences in LF values across different categories, the Kruskal-Wallis test was applied - statistical significance being accepted for  $\alpha < 0.05$ .

Sensitivity and specificity were calculated at D<sub>1</sub> level for all of the cut-off points. The cut-off points that showed maximum performance (sum of sensitivity + specificity) were selected, and of those points, the best cut-off point at D<sub>1</sub> level was chosen. The cut-off with the greatest specificity and without a substantial loss in total performance was used as criterion.

Receiver Operating Characteristic (ROC) analysis was used to determine the accuracy of the LF device in diagnosing occlusal enamel caries. The area under the ROC curve (Az) for D<sub>1</sub> was estimated.

---

## Results

The results of the fissurotomy validation (gold standard) showed that in the overall sample there were 27 teeth (28.1%) with sound surfaces ( $D_0$ ), 19 (18.6%) with enamel caries lesions ( $D_{1+2}$ ) and 50 (52.1%) with dentin caries ( $D_{3+4}$ ). Box plots were used to illustrate the distribution of LF values in different categories for each lesion extent, *i.e.*,  $D_0$ ,  $D_{1+2}$  and  $D_{3+4}$  (Fig. 1). The results of the LF values for the ( $D_0$ ) group showed a median ( $m$ ) = 8.00 and an interquartile range (IQR) = 19; for the ( $D_{1+2}$ ) group, a  $m$  = 17.00 and an IQR = 4; and for the ( $D_{3+4}$ ) group, a  $m$  = 32.5 and an IQR = 21. This difference between the groups was statistically significant ( $P < 0.001$ ) according to the Kruskal-Wallis test, with the exception of the difference between  $D_0$  and  $D_{1+2}$  ( $P = 0.932$ ). Table 1 shows lesion extent (gold standard) in relation to the established diagnosis according to LF, showing the number of correctly diagnosed lesions, as well as the number of false positives and false negatives.

Table 2 shows the LF values in relation to those recorded from visual inspection, for each of the three lesion extent categories. Table 3 reports the same correlations, though only for the teeth with stain fissures ( $n=26$ ).

ROC curves were plotted for LF readings (Fig. 2); the Az values were 0.803 for  $D_1$ . An LF value of 15 was found to be the optimal cut-off for enamel caries (sensitivity = 0.971, specificity = 0.63, sensitivity + specificity = 1.601).

## Discussion

The characteristics of the present study made it possible to conduct fissurotomy-based clinical validation of first and second permanent molars which were diagnosed as either healthy or as having enamel caries at visual inspection. Clinical studies are able to bypass the problems typically associated with laboratory research, where teeth have to be preserved in a chemical storage medium after extraction. Nevertheless, laboratory research has been carried out (28) in which the teeth are preserved at  $-20^\circ\text{C}$ , thereby eluding alterations in the data collected with LF.

---

However, the teeth involved were not first or second molars. A disadvantage of clinical studies is that validation by means of crown preparations may offer opportunities for admittedly less precise assessment of the extent of demineralization on occlusal surfaces (16). Differentiation between superficial and deep lesions was not established in enamel, due to the fact that distinguishing between D<sub>1</sub> and D<sub>2</sub> lesions under clinical conditions is very difficult (7).

In the present study, the variation in LF readings was large, in coincidence with the findings of other clinical studies (7,9). However, the median LF values showed a steady gradient across the categories for each lesion extent (Fig. 1). It is noteworthy that there was a clear difference between the values for enamel and dentin caries; nevertheless, we cannot establish a difference between sound teeth and teeth with enamel caries. As indicated by Lussi et al. (3), LF seems to be unsuitable for the detection of initial carious changes in enamel. The results of our study coincide with those of other authors, both in clinical (7) and in laboratory studies made with extracted permanent third molars (5) or primary molars (29).

The cause of enamel fluorescence is still unclear (18,30), though it is unlikely that apatite is responsible for the baseline fluorescence of sound teeth (31,32). Fluorescence might be the result of combining the inorganic matrix with the absorbing organic molecules (33). In the process of caries formation, there is an increase related to two different phenomena: tooth demineralization and the presence of bacteria and their metabolic products (porphyrins) (18,30,32). Most of the fluorescence is induced by organic components (18,22,31,32) rather than crystalline disintegration and light scattering by the inhomogeneous enamel (34). This theory is supported by the fact that the LF device does not detect lesions produced in the laboratory by means of acidic buffers, which produce no microbiological activity (30,32). Therefore, the explanation for the lack of distinction between categories D<sub>0</sub> and D<sub>1+2</sub> is based on the fact that the initial enamel lesions do not produce a significant increase in fluorescence when compared to sound surfaces, as well as on the fact that the difficulty associated with clinical validation at this level can lead to error.

---

The present results show the limit scores for  $D_0$  to be between 0 and 14 in first and second molars clinically. The lowest recorded score was 2, and scores under 10 always corresponded to sound fissures. Previously, the only studies (5,8) conducted to determine cut-off limits for sound fissures were done in the laboratory or clinically on third molars with histological validation. The laboratory studies (5) conducted on 10 impacted teeth to establish gold standards for sound fissures showed a minimum LF score of 3 and a maximum of 14. No scores of 0 were recorded, however. This finding concurred with the results of the longitudinal diagnosis of just erupted first molars (8).

In the present study on enamel caries, the LF scores for  $D_{1+2}$  ranged from 10 to 20. In the study published by Bader & Shugars (16), the cut-off limits for enamel caries at  $D_1$  level in 10 in vitro studies on permanent teeth ranged from 5 to 16 - the most frequent being 6. At  $D_2$  level, the most common scores ranged from 10 to 20. The laboratory cut-off values were different from those recorded in other clinical studies (21,29,32), and should not be used for extrapolating to clinical situations (29,32). In studies performed in the laboratory on third molars (28), the teeth remained stable when frozen during storage and thawed only for fluorescence measurements. Therefore, these cut-off levels,  $D_0$  (0-7),  $D_1$  (>7-14), and  $D_2$  (>14-24), could be extrapolated to the clinical situation (28), though third molars showed anatomical differences with respect to first and second molars (25). Currently, cut-off values based on clinical studies are standardized: 0-13 for sound teeth, 14-20 for enamel lesions, and >20 for dentin caries (7). In the present study, the best cut-off points at  $D_1$  level corresponded with those results.

After establishing the best cut-off limits and comparing them to the gold standard for healthy teeth ( $D_0$ ), LF was seen to overestimate 37% (Table 1). Of these, 18.5% showed scores >20. These results coincide with those of other studies (16,25). The explanation is based on the fact that 6 of the teeth displayed brown or dark spots on fissures. The stains generate an additive fluorescence signal (35), and there is a tendency for LF to overestimate (8,36). Others (8,21,23,25,36) have reported 5 to 7 points more on the measurement of discolored fissures. Among the rest of the overestimated teeth (4 out of 10), there was only one with a score of >20.

---

Nevertheless, we did not find an explanation for the overestimation – though two of them displayed deep fissures, which have higher published scores (14). Although other sources of fluorescence such as calculus and plaque are carefully removed, it not cannot be guaranteed that they have been completely eliminated.

In the case of the teeth which displayed enamel caries ( $D_{1+2}$ ), LF registered the correct diagnosis in 68% of the lesions (13/19). Four teeth over-scored with two discolored fissures and two underestimated lesion extent. These last two lesions had scores of 12 and 13, which is very close to the cut-off value. This could be due to an improper measuring technique, considering that the tip of the LF should be moved in all directions.

Mathematically, the ROC analysis is more thorough. However, in clinical practice, a cut-off point must be considered, since it will be a determining factor for deciding treatment options. Thus, sensitivity and specificity measurements continue to be important for the evaluation of diagnostic methods. In our study, at  $D_{1+2}$  level (cut-off >14), LF showed high sensitivity (0.97), similar to previous clinical studies conducted without validation through fissure openings (7,9), or studies measuring and histologically validating third molars (21). This finding also agrees with those of other laboratory studies (3) and laboratory studies performed with third molars preserved at  $-20^\circ$  (28). However, previous laboratory studies (4,5,21) reported a lower sensitivity (range 0.42-0.73) for enamel caries. The differences in sensitivity in studies involving similar research conditions and using the same threshold values do raise some concerns about the degree to which sensitivity results may be affected by the examiner technique (16).

In the present study, high sensitivity is accompanied by limited specificity (0.63) which, although coinciding with the findings of other authors (16,21), is lower than in others studies (3,5,9,13,28). Low specificity could be due partially to the fact that we did not eliminate teeth with the presence of brown or dark spots on fissures from the study sample. This low specificity at  $D_1$  level (healthy/enamel caries) is less important than at  $D_3$  level (enamel caries/dentin caries), where the proportion of false positives can prove hazardous, since it can lead to over-treatment.

---

The ROC analysis showed a good diagnostic capability for enamel caries ( $Az = 0.803$  for  $D_1$ ). These results coincide with those of other studies (35), though the figures are lower than in other publications (37). An advantage of ROC analysis is that it reflects the diagnostic performance more comprehensively than sensitivity and specificity, which are determined by only one cut-off point.

As we have commented above, the present study was designed to obtain unbiased LF data in the context of a clinical study. In this context, the visual inspection data shown in Tables 2 and 3 aim to offer more complete information for the study, but should not be taken to represent a comparison of the diagnostic performance of the two methods. In selecting the sample, and in order to obtain a sufficient number of teeth for each lesion extent category, particularly healthy teeth or teeth with enamel caries, we selected those teeth in which a visual diagnosis could be established without doubt. For this reason the results regarding the sensitivity (0.83) and specificity (0.89) of visual inspection are very high and far greater than those presented by other authors (7,18,21,23).

In conclusion, modern dentistry needs diagnostic tools that detect the initial stages of caries disease. Conventional diagnostic methods offer high specificity, but cannot detect false negative cases of dentin caries. LF can be a useful tool, though always in conjunction with visual inspection for enamel caries. Scores under 10 indicate healthy teeth. All teeth scoring above 14 should receive preventive treatment and be monitored. Scores above 20 (7,17) in turn may imply that the lesion has spread to the dentin, though the experience of the examiner and the patient risk factors must be taken into account.

## REFERENCES

- (1) Bagramian RA, Garcia-Godoy F, Volpe AR. The global increase in dental caries. A pending public health crisis. *Am J Dent* 2009; 22:3-8.
- (2) [Mejàre I](#), [Stenlund H](#), [Zelezny-Holmlund C](#). Caries incidence and lesion progression from adolescence to young adulthood: A prospective 15-year cohort study in Sweden. *Caries Res* 2004; 38:130-41.
- (3) Lussi A, Imwinkelried S, Pitts N, Longbottom C, Reich E. Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries *in vitro*. *Caries Res* 1999; 33:261-266.

- 
- (4) Shi XQ, Welander U, Angmar-Mansson B. Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: An *in vitro* comparison. *Caries Res* 2000; 34:151-158.
- (5) Başçren NM, Gokalp S. Validity of a laser fluorescence system (DIAGNOdent) for detection of occlusal caries in third molars: An *in vitro* study. *J Oral Rehabil* 2003; 30:1190-1194.
- (6) Valera FB, Pessan JP, Valera RC, Mondelli J, Percinoto C. Comparison of visual inspection, radiographic examination, laser fluorescence and their combinations on treatment decisions for occlusal surfaces. *Am J Dent* 2008; 21:25-9.
- (7) Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci* 2001; 109:14-19.
- (8) Sheehy EC, Brailsford SR, Kidd EA, Beighton D, Zoitopoulos L. Comparison between visual examination and a laser fluorescence system for *in vivo* diagnosis of occlusal caries. *Caries Res* 2001; 35:421-426.
- (9) Anttonen V, Seppä L, Hausen H. Clinical study of the use of the laser fluorescence device DIAGNOdent for detection of occlusal caries in children. *Caries Res* 2003; 37:17-23.
- (10) Toraman, A. Peker, I. Deniz, H. Bala, O. Altunkaynak, B. *In vivo* comparison of laser fluorescence measurements with conventional methods for occlusal caries detection. *Lasers Med Sci* 2008; 23:307-312.
- (11) Huth KC, Neuhaus KW, Gygax M, Bucher K, Crispin A, Paschos E. Clinical performance of a new laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions in permanent molars. *J Dent* 2008; 36:1033-1040.
- (12) Altenburger MJ, Gmeiner B, Hellwig E, Wrbas KT, Schirmeister JF. The evaluation of fluorescence changes after application of casein phosphopeptides (CPP) and amorphous calcium phosphate (ACP) on early carious lesions. *Am J Dent* 2010; 23:188-92.
- (13) Anttonen V, Seppä L, Hausen H. A follow-up study of the use of DIAGNOdent for monitoring fissure caries in children. *Community Dent Oral Epidemiol* 2004; 32:312-318.
- (14) Lundberg P, Morhed-Hultvall ML, Twetman S. Mutans streptococci colonization and longitudinal caries detection with laser fluorescence in fissures of newly erupted 1st permanent molars. *Acta Odontol Scand* 2007; 65:189-193.
- (15) Spiguel MH, Tovo MF, Kramer PF, Franco KS, Alves KM, Delbem AC. Evaluation of laser fluorescence in the monitoring of the initial stage of the de-remineralization process: An *in vitro* and *in situ* study. *Caries Res* 2009; 43:302-307.
- (16) Bader JD, Shugars DA. A systematic review of the performance of a laser fluorescence device for detecting caries. *J Am Dent Assoc* 2004; 135:1413-1426.
- (17) Abalos C, Herrera M, Jimenez-Planas A, Llamas R. Performance of laser fluorescence for detection of occlusal dentinal caries lesions in permanent molars: An *in vivo* study with total validation of the sample. *Caries Res* 2009; 43:137-141.
- (18) Traanaeus S, Shi XQ, Angmar-Mansson B. Caries risk assessment: Methods available to clinicians for caries detection. *Community Dent Oral Epidemiol* 2005; 33:265-273.
- (19) Barbería E, Maroto M, Arenas M, Silva CC. A clinical study of caries diagnosis with a laser fluorescence system. *J Am Dent Assoc* 2008; 139:572-9.
- (20) Ekstrand KR, Ricketts DN, Kidd EA. Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth of the occlusal surface: An *in vitro* examination. *Caries Res* 1997; 31:224-231.
- (21) Reis A, Mendes FM, Angnes V, Angnes G, Grande RH, Loguercio AD. Performance of methods of occlusal caries detection in permanent teeth under clinical and laboratory conditions. *J Dent* 2006; 34:89-96.
- (22) Mendes FM, Pinheiro SL, Bengtson AL. Effect of alteration in organic material of the occlusal caries on DIAGNOdent readings. *Braz Oral Res* 2004; 18:141-144.
- (23) Angnes V, Angnes G, Batistella M, Grande RH, Loguercio AD, Reis A. Clinical effectiveness of laser fluorescence, visual inspection and radiography in the detection of occlusal caries. *Caries Res* 2005; 39:490-495.
- (24) Rocha RO, Ardenghi TM, Oliveira LB, Rodrigues CR, Ciamponi AL. *In vivo* effectiveness of laser fluorescence compared to visual inspection and radiography for the detection of occlusal caries in primary teeth. *Caries Res* 2003; 37:437-441.
- (25) Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Oehme T, Ziehe A, Stösser L, García-Godoy F. Comparison of different DIAGNOdent cut-off limits for *in vivo* detection of occlusal caries. *Oper Dent* 2003; 28(6):672-680.
- (26) Thylstrup A, Fejerskov O. Enamel/saliva: Inorganic chemical reactions.. In: Thylstrup A, Fejerskov O. *Caries*. Barcelona: Ediciones Doyma, 1988; 150-169.
- (27) Kidd EA, Ricketts DN, Beighton D. Criteria for caries removal at the enamel-dentine junction: A clinical and microbiological study. *Br Dent J* 1996; 180:287-291.

- (28) Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries *in vitro*. *J Dent* 2006; 34:467-471.
- (29) Lussi A, Francescut P. Performance of conventional and new methods for the detection of occlusal caries in deciduous teeth. *Caries Res* 2003; 37:2-7.
- (30) Pretty IA, Maupomé G. A closer look at diagnosis in clinical dental practice: Part 5. Emerging technologies for caries detection and diagnosis. *J Can Dent Assoc* 2004; 70:540-540i.
- (31) Hibst R, Paulus R, Lussi A. Detection of occlusal caries by laser fluorescence: Basic and clinical investigations. *Med Laser Appl* 2001; 16:205-213.
- (32) Lussi A, Hibst R, Paulus R. DIAGNOdent: An optical method for caries detection. *J Dent Res* 2004; 83(Spec Iss C):C80-C83.
- (33) Hibst R. Caries detection by red excited fluorescence: Investigations on fluorophores. *Caries Res* 1999; 33:295-306.
- (34) Farah RA, Drummond BK, Swain MV, Williams S. Relationship between laser fluorescence and enamel hypomineralisation. *J Dent* 2008; 36:915-921.
- (35) Córtes DF, Ellwood RP, Ekstrand KR. An *in vitro* comparison of a combined FOTI/Visual examination of occlusal caries with other caries diagnostic methods and the effect of stain on their diagnostic performance. *Caries Res* 2003; 37:8-16.
- (36) Francescut P, Lussi A. Correlation between fissure discoloration, Diagnodent measurements, and caries depth: An *in vitro* study. *Pediatr Dent* 2003; 25:559-564.
- (37) Stookey GK, Gonzalez-Cabezas C. Emerging methods of caries diagnosis. *J Dent Educ* 2001; 65:1001-1006.

**Table 1.** Distribution of lesion extent based on fissurotomy validation and compared to diagnosis by laser fluorescence (LF): certain, underestimated and overestimated lesions.

	Fissurotomy			Total
	No caries	Enamel caries	Dentin caries	
<b>LF ≤ 14</b>	17	2*	0	<b>19</b>
<b>LF &gt; 14-20</b>	5 <sup>†</sup>	13	6*	<b>24</b>
<b>LF &gt; 20</b>	5 <sup>†</sup>	4	44	<b>53</b>
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>19</b>	<b>50</b>	<b>96</b>

(\*) Underestimated lesion extent (false negative)

(<sup>†</sup>) Overestimated lesion extent (false positive)

**Table 2.** Laser fluorescence (LF) score versus visual inspection (VI) score according to the extent of the lesion as determined by fissurotomy: no caries (D<sub>0</sub>), enamel caries (D<sub>1</sub>) and dentin caries (D<sub>3</sub>).

Fissurotomy	LF ≤ 14			LF > 14-20			LF > 20		
	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>
VI <sub>0</sub>	17*	1	0	5	6	0	2	2	3
VI <sub>1+2</sub>	0	0	0	0	6*	0	0	1	1
VI <sub>3+4</sub>	0	1	0	0	1	6	3	1	40*
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>44</b>

(\*) Agreement between the two systems in certain diagnoses

**Table 3.** Laser fluorescence (LF) score versus visual inspection (VI) score in teeth with stain fissures, according to the extent of the lesion as determined by fissurotomy: no caries (D<sub>0</sub>), enamel caries (D<sub>1</sub>) and dentin caries (D<sub>3</sub>).

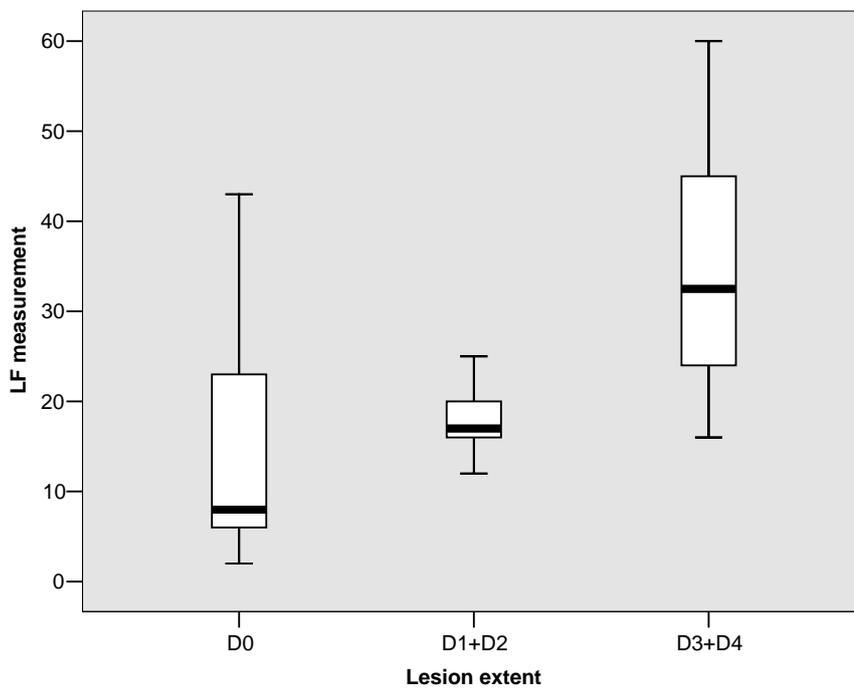
Fissurotomy	LF ≤ 14			LF > 14-20			LF > 20		
	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>
VI <sub>0</sub>	1*	2	2	0	0	0	0	0	2
VI <sub>1+2</sub>	0	0	0	0	0*	1	0	0	1
VI <sub>3+4</sub>	0	0	1	0	0	1	0	0	15*
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18</b>

(\*) Agreement between the two systems in certain diagnoses

---

**Figure 1.** Distribution of laser fluorescence (LF) scores for different lesion extent: sound ( $D_0$ ), enamel caries ( $D_{1+2}$ ) and dentin caries ( $D_{3+4}$ ). Significant differences:  $P < 0.001$ ; except  $D_0$ - $D_{1+2}$ :  $P = 0.932$  (Kruskal-Wallis).

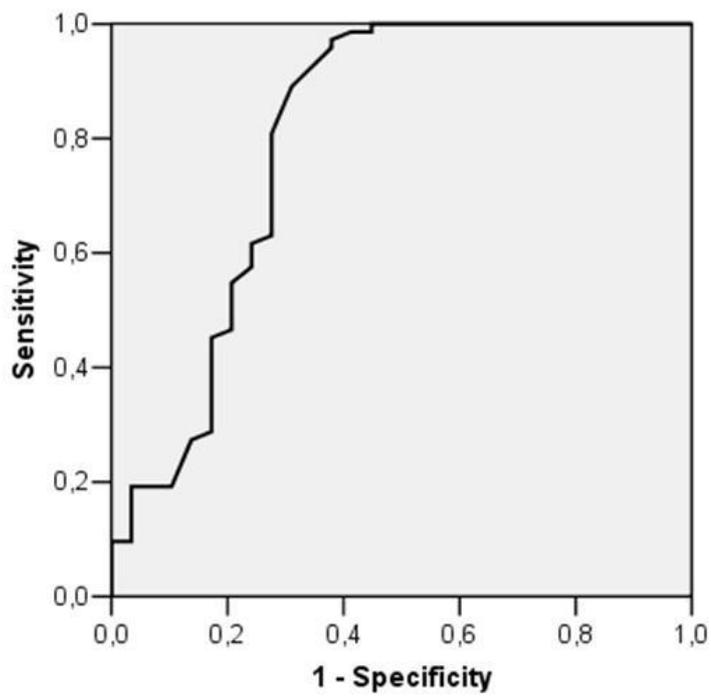
---



---

**Figure 2.** ROC curve for the laser fluorescence measurements at level D<sub>1</sub> (enamel caries). The area under the curve (Az) is 0.803.

---



\* \* \*