

T. 1331

BID. T 5863



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Facultat de Medicina i Odontologia

Departament d'Estomatologia

Unitat Docent de Patologia i Terapèutica Dentàries



# APORTACIÓN AL DIAGNÓSTICO PRECOZ DE LA CARIES DENTAL

Tesis Doctoral

presentada por el Profesor

Dr. D. Leopoldo Forner Navarro

y dirigida por el Profesor

Dr. D. José Vicente Bagán Sebastián



Valencia, junio de 1998

D. 1002 104  
L. 1377570

R-62.067

UMI Number: U607594

All rights reserved

INFORMATION TO ALL USERS

The quality of this reproduction is dependent upon the quality of the copy submitted.

In the unlikely event that the author did not send a complete manuscript and there are missing pages, these will be noted. Also, if material had to be removed, a note will indicate the deletion.



UMI U607594

Published by ProQuest LLC 2014. Copyright in the Dissertation held by the Author.  
Microform Edition © ProQuest LLC.

All rights reserved. This work is protected against  
unauthorized copying under Title 17, United States Code.



ProQuest LLC  
789 East Eisenhower Parkway  
P.O. Box 1346  
Ann Arbor, MI 48106-1346



B/D. T. 5863

# UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

## FACULTAT DE MEDICINA I ODONTOLOGIA DE VALÈNCIA

Universitat de València



FACULTAT DE MEDICINA I ODONTOLOGIA

En el día de hoy se ha procedido a la lectura de la tesis titulada:

*Aportación al diagnóstico  
previo de la caries dental*

AUTOR DE LA TESIS: LEOPOLDO FORNER NAVARRO

de D. *Leopoldo Forner Navarro*

que ha obtenido la calificación de *Sobresaliente "cum laude"*

TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS:

Firmado El Presidente del Tribunal, Dr. D. *Javier Garro Barris*

El Secretario, Dr. D. *Amando Peydro Olaya*

El Vocal Dr. D. *Javier Goirena de Gandara*

El Vocal Dr. D. *Segundo Gutierrez Cabria*

El Vocal Dr. D. *Rafael Rioboo*

FECHA DE LECTURA:

16 DE OCTUBRE DE 1998

Valencia *16* de *Octubre* de *1998*

TRIBUNAL (Nombre y apellidos completos de los componentes)

JAVIER GARRO BARRIS

El Secretario del Tribunal

AMANDO PEYDRÓ OLAYA

El Presidente

El Vocal

El Vocal

TORRES, DE LA TESIS DE

DE VIGENIS, PAGI, SEBASTIÁN

C. D. GOIRENA DE GANDARA

Firma del Alumno

El Vocal



**UNIVERSITAT DE VALÈNCIA**

Facultat de Medicina i Odontologia  
Departament d'Estomatologia

**D. JOSÉ VICENTE BAGÁN SEBASTIÁN,**  
Catedrático de Medicina Bucal del Departamento de Estomatología  
de la Universitat de València, y Jefe del Servicio de Estomatología  
del Hospital General Universitario,

**CERTIFICA:**

Que la presente Tesis Doctoral titulada "Aportación al diagnóstico precoz de la caries dental" y presentada por D. Leopoldo Forner Navarro ha sido realizada bajo mi dirección y que reúne los requisitos necesarios para su defensa.

**Fdo.: Prof. Dr. D. José Vicente Bagán Sebastián**

**Valencia, 15 de junio de 1998**

## A M<sup>a</sup>. Carmen

Tu risa

Quítame el pan, si quieres,  
quítame el aire, pero  
no me quites tu risa.

No me quites la rosa,  
la lanza que desgranas,  
el agua que de pronto  
estalla en tu alegría,  
la repentina ola  
de plata que te nace.

Mi lucha es dura y vuelvo  
con lo ojos cansados  
a veces de haber visto  
la tierra que no cambia,  
pero al entrar tu risa  
sube al cielo buscándome  
y abre para mí todas  
las puertas de la vida.

Amor mío, en la hora  
más oscura desgrana  
tu risa, y si de pronto  
ves que mi sangre mancha  
las piedras de la calle,  
ríe, porque tu risa  
será para mis manos  
como una espada fresca.

Junto al mar en otoño,  
tu risa debe alzar  
su cascada de espuma,  
y en primavera, amor,  
quiero tu risa como  
la flor que yo esperaba,  
la flor azul, la rosa  
de mi patria sonora.

Ríete de la noche,  
del día, de la luna,  
ríete de las calles  
torcidas de la isla,  
ríete de este torpe  
muchacho que te quiere,  
pero cuando yo abro  
los ojos y los cierro,  
cuando mis pasos van,  
cuando vuelven mis pasos,  
niégame el pan, el aire,  
la luz, la primavera,  
pero tu risa nunca  
porque me moriría.

*Pablo Neruda*

# AGRADECIMIENTOS

“Mucho he aprendido de mis maestros;  
más de mis colegas,  
y de mis estudiantes más que de todos ellos.”

*Del Talmud Babilónico*

A M<sup>a</sup>. Carmen, Dr<sup>a</sup>. Llena, por su enorme capacidad de trabajo; por su paciencia y tolerancia; y, por su inapreciable asesoramiento científico.

Al Profesor Bagán, por haberme hecho el honor de dirigir esta, mi segunda, Tesis Doctoral.

A D. Rafael Almarcha Pérez, delegado para Valencia de Trophy Radiología España, S.L. por las facilidades proporcionadas para utilizar el equipamiento y los programas necesarios de radiología digital.

A D. Rafael Gil Cortés, Técnico Especialista en Prótesis Dental de la Clínica Odontológica de la Universitat de València, y a D<sup>a</sup>. Antonia Pascual Ivars, estudiante de Odontología, por su colaboración en la confección de los modelos dentarios utilizados.

A M<sup>a</sup> Carmen y a Cristina, por aguantarme y ayudarme en la preparación del procedimiento experimental.

A todos los que me han enseñado, me enseñan y me enseñarán a hacer mejor mi trabajo.

# ÍNDICE

---

<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1.- Preámbulo</b>	<b>2</b>
<b>1.2.- El diagnóstico en Cariología. Análisis del substrato</b>	<b>5</b>
1.2.1.- La caries dental: el substrato etiológico	6
1.2.2.- La caries dental: el substrato patogénico	8
1.2.3.- La caries dental: el substrato patológico	11
1.2.4.- La caries dental: el substrato clínico	16
<b>1.3.- Métodos diagnóstico en Cariología</b>	<b>18</b>
1.3.1.- El diagnóstico clínico	19
1.3.2.- La transiluminación	21
1.3.3.- El diagnóstico electrónico de la caries	22
1.3.4.- Impedancia espectroscópica	22
1.3.5.- Diagnóstico ultrasónico	23
1.3.6.- Fluorescencia láser	24
1.3.7.- Láser de infrarrojos	24
1.3.8.- Termografía de infrarrojos	24
1.3.9.- El diagnóstico por la imagen	25
<b>2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>31</b>
<b>3.- OBJETIVOS</b>	<b>44</b>
<b>3.1.- Objetivo General</b>	<b>45</b>
<b>3.2.- Objetivos específicos</b>	<b>46</b>

---

<b>4.- MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>47</b>
<b>4.1.- Estudio piloto</b>	<b>48</b>
4.1.1.- Objetivo	48
4.1.2.- Procedimiento	49
4.1.3.- Resultados	53
4.1.4.- Conclusiones	54
<b>4.2.- Material</b>	<b>54</b>
4.2.1.- Especímenes	54
4.2.2.- Material de exploración	55
4.2.3.- Equipo de diagnóstico por la imagen	55
4.2.4.- Fotografía	72
4.2.5.- Sección de los dientes	72
4.2.6.- Observación de los dientes seccionados	73
<b>4.3.- Metodología</b>	<b>75</b>
4.3.1.- Preparación de los dientes	75
4.3.2.- Inspección visual. Criterios	79
4.3.3.- Exploración táctil	85
4.3.4.- Exploración radiológica convencional	85
4.3.5.- Exploración radiológica digital	89
4.3.6.- Estudio anatomopatológico	90
<b>4.4.- Tratamiento estadístico</b>	<b>98</b>
4.4.1.- Determinación del grado de acuerdo intraobservador	98
4.4.2.- Determinación de las propiedades de las pruebas diagnósticas	102
4.4.3.- Razón de verosimilitud o cociente de probabilidad	106

---

<b>5.- RESULTADOS</b>	108
<b>5.1.- Estudio piloto</b>	109
<b>5.2.- Determinación del grado de acuerdo intraobservador</b>	110
5.2.1.- Pcentage de acuerdo	110
5.2.2.- Test Kappa de Cohen	111
<b>5.3.- Propiedades de las diferentes pruebas diagnósticas analizadas</b>	112
5.3.1.- Radiografía convencional	113
5.3.2.- Radiología digital	116
5.3.3.- programa de apoyo al diagnóstico de caries "Logicon"	118
<b>5.4.- La exploración clínica</b>	120
5.4.1.- La inspección visual	120
5.4.2.- La exploración con sonda	120
<b>6.- DISCUSIÓN</b>	121
<b>6.1.- Sobre la metodología</b>	122
<b>6.2. Sobre los resultados</b>	129
<b>7.- CONCLUSIONES</b>	131
<b>8.- BIBLIOGRAFÍA</b>	134
<b>ANEXOS</b>	160

# 1

## INTRODUCCIÓN

여호와 하나님은 흙으로 사람을 지으시고  
생기를 그 코에 불어 넣으시니  
사람이 생령이 된지라

*La Biblia. Libro del Génesis: capítulo 2, versículo 7.*

## 1.1.- PREÁMBULO.

Cuando se estudia una enfermedad, una entidad nosológica, se intenta obtener el máximo de datos de ella, datos que, en primer lugar, proceden del interrogatorio o anamnesis al sujeto enfermo, en el que éste cuenta sus problemas desde su propia e íntima perspectiva, y en segundo término de la exploración clínica, procedimiento amplio que comprende desde la inspección visual, hasta las más complejas y avanzadas técnicas complementarias, pasando por las clásicas palpación y percusión. La primera de las fuentes descritas nos proporciona datos de carácter subjetivo, los síntomas, mientras que la segunda nos proporciona datos objetivos, reproducibles a veces, y en muchas ocasiones medibles, son los signos [Casas y Salmerón, 1974]. Tanto la sintomatología como la semiología, conjunto de manifestaciones clínicas del proceso nosológico, permiten establecer un juicio diagnóstico, con el cual se puede situar a aquél, de una forma nosotóxica, en el marco de un grupo de enfermedades, y así clasificar y definir la enfermedad que se tiene delante. Pero el diagnóstico tiene también otras importantes vertientes; por una parte, permite determinar el estado evolutivo, el nivel del proceso, y, por otra parte tiende a descubrir la etiología de la enfermedad. Todo ello, en su conjunto, hace que el diagnóstico sea un paso

imprescindible en el control de la enfermedad ya que a partir de él es factible establecer un tratamiento adecuado, planificado según la fase de desarrollo de la propia enfermedad, y dirigido, no sólo a la mejora de signos y síntomas, sino también a hacer frente al agente etiológico responsable de la misma; pero, además desde un juicio diagnóstico, se puede establecer un juicio pronóstico, vale decir, permite hacer una inferencia de cuál va ser la evolución de la enfermedad, su respuesta al tratamiento, sus posibles complicaciones, y, en su caso la aparición de secuelas predecibles.

Ya desde la antigüedad más remota, las personas dedicadas a cuidar de la salud de la comunidad han desarrollado y perfeccionado medios e instrumentos para propiciar un diagnóstico de las enfermedades lo más exacto y amplio posible, según las perspectivas que se acaban de exponer. Actualmente se siguen produciendo notables esfuerzos en este terreno, en el que todavía queda muchísimo por hacer.

En el ámbito de la patología dentaria, y concretamente en el de la caries dental, el papel del diagnóstico es incuestionable. De una manera pareja a los criterios médicos generales, las pautas diagnósticas odontológicas han valorado los mismos aspectos.

La sintomatología de la patología dentaria de manera general y de la caries dental en particular muestra dos grandes elementos comunes y característicos: la destrucción y consiguiente pérdida de tejidos dentarios, y el dolor. Por lo que a la semiología se refiere, la inspección visual, la palpación y la percusión han sido herramientas básicas para el diagnóstico odontológico, de la misma manera que en el conjunto de la Medicina, incluso, siguiendo este camino parejo, se llegó a desarrollar un sistema de auscultación dental (descrito por Potter) que no llegó a prosperar [Saenz de la Calzada, 1951].

Pero, en Odontología, como también ocurre en otras ramas de las Ciencias de la Salud, la aparición de las técnicas de diagnóstico por la imagen han supuesto un hito decisivo en el progreso de los procedimientos diagnósticos, y con ellos de los mecanismos de control de la enfermedad. A partir de la incorporación de la radiología al *armamentarium* diagnóstico no han cesado los avances en este terreno hasta llegar a las sofisticadas técnicas, invasivas o no, con las que contamos hoy de forma prácticamente cotidiana.

## 1.2.- EL DIAGNÓSTICO EN CARIOLOGÍA. ANÁLISIS DEL SUBSTRATO.

Antes de establecer cuáles son los objetivos que nos marcamos en el presente estudio queremos mostrar cuáles son los métodos diagnósticos utilizados en la actualidad y cuáles son posibilidades y sus limitaciones para, a partir de esos datos, poder hacer una revisión bibliográfica de los trabajos de los autores contemporáneos que han trabajado y continúan trabajando en el apasionante mundo del diagnóstico de la caries en general, y en particular del diagnóstico por la imagen en todas sus vertientes, pero concretamente en los aspectos más cercanos a los intereses que se propone este estudio. Pero, de forma previa a todo ello es conveniente señalar, aunque sea de una manera somera cuál es el objeto de nuestro diagnóstico y qué aspectos de ese substrato van a ser interesantes de cara a explicar el porqué del uso, de los problemas, de las limitaciones, y de la significación de los diferentes procedimientos diagnósticos en cariolología.

### 1.2.1.- La caries dental: el substrato etiológico.

La caries dental es una enfermedad infecciosa, pero que requiere de la concurrencia simultánea de una serie de condiciones para que llegue a desarrollarse. Así pues, no es fácil dar una definición correcta de esta enfermedad, aunque por otra parte puede que tampoco sea necesario hacerlo, como así hacen algunos autores [Thylstrup y Fejerskov, 1988]. La definición dada corresponde a un modelo etiológico ya que a continuación se tratará este aspecto. Otros autores, en cambio resaltan la vertiente anatomopatológica de destrucción de los tejidos dentarios mineralizados [Newbrun, 1984; y, Silverstone et al., 1985a]. Precisamente, la etimología de la palabra caries lleva implícito el significado de podredumbre, degradación, o putrefacción [Jablonski, 1992a].

La etiología de la caries reconoce, pues, un valor multifactorial. Por el hecho de hacer falta la conjunción de diversos factores etiológicos, apareció una interpretación de ello en forma de un esquema similar a los basados en la Teoría de los Conjuntos, esquema que se representa por tres círculos, correspondientes a los microorganismos, a la dieta, y a las características del huésped; la intersección de los tres círculos señalaría la

confluencia de factores que permiten el desarrollo de la caries. Dicho con lenguaje matemático, si hay tres conjuntos con sus elementos,  $M = \{m_1, m_2, \dots\}$ ,  $D = \{d_1, d_2, \dots\}$ , y  $H = \{h_1, h_2, \dots\}$ , donde M, D, y H son los microorganismos, la dieta, y el huésped, respectivamente; entonces la etiología de la caries se podría representar como un nuevo conjunto C resultado de la intersección de los otros tres conjuntos:  $C = M \cup D \cup H$ . Pero, este esquema, originariamente propuesto por Keyes [Keyes, 1960], pese a ser todavía muy utilizado y popular por su claridad, tiene el inconveniente de no ser demasiado exacto. Son muchos otros los factores relacionados con la etiología de la caries y su influencia es de importancia variable, determinante en unos casos, colateral en otros, e incluso dudosa en ocasiones. De esta forma, al mencionado esquema se le podrían añadir otros conjuntos o factores que intervienen en la etiología de la caries [Llamas et al., 1994], como el tiempo [Newbrun, 1984a], la edad [Uribe y Fonseca, 1987], o los llamados factores de ingeniería biodental [Grippio y Masi, 1991].

Es evidente que la caries no se desarrolla en ausencia de gérmenes. De los diferentes microorganismos que participan en la etiología de la caries se puede afirmar que es el

*Streptococcus mutans* el germen que desencadena la enfermedad y que tiene sus reservorio en fosas, fisuras y defectos estructurales dentarios profundas, ya que en lesiones pequeñas visible parece predominar el *Streptococcus sobrinus* [de Soet, 1995], Por su parte, el *Lactobacillus acidophilus* sería el encargado de entretener la caries ya provocada [Silverstone et al., 1985; Morhart et al., 1986; Edwardsson, 1988; Marianella, 1997].

#### 1.2.2.- La caries dental: el substrato patogénico:

El mecanismo patogénico de la caries se establece por la producción de ácidos por parte de los gérmenes a partir de hidratos de carbono existentes en la dieta. El disacárido sacarosa, junto con otros monosacáridos (maltosa, glucosa, fructosa, o lactosa) son metabolizados por los gérmenes y se acaba produciendo una serie de ácidos orgánicos que son los responsables del inicio de la desmineralización. Otra vía que siguen estos hidratos de carbono simples es la de integrarse con otros a nivel intracelular para producir energía en los microorganismos y a nivel extracelular para formar macromoléculas insolubles que ayudan a estructurar la placa dental y por tanto a perpetuar la acción patogénica.

---

Los elementos descritos se tienen que manifestar sobre un huésped susceptible, el diente. Éste puede permitir o no el desarrollo de la caries en función de su morfología, más o menos capaz de retener placa, de su posición en la arcada (con las mismas repercusiones retentivas de placa o no) [Miller y Hobson, 1961], y de su composición (fundamentalmente en fosfatos, nitrógeno y flúor). Pero los dientes están rodeados de un medio ambiente que también influye en la etiología de la caries, esta vez en un sentido opuesto, oponiéndose a su desarrollo; y ello lo hace la saliva mediante sistemas inmunitarios (liberación de inmunoglobulinas A secretorias [Guisado, 1988], acción del complemento, complejos proteicos agregantes de estreptococos como la fibronectina o con acción bacteriostática como la lactoferrina [Mandel, 1989]), sistemas tampón neutralizadores de la acidez (fosfato/ácido fosfórico, urea, tiocianato/hipotiocianito, bicarbonato/ácido carbónico), y sistemas menos sofisticados pero también efectivos, como las funciones de lavado por arrastre y de dilución que efectúa la saliva de forma global [López, 1995]; factores todos ellos, que, sólo en conjunto, pueden proporcionar la base para el empleo de medidas preventivas inmunizantes [Krasse, Emilson y Gahnberg, 1987].

A estos tres factores etiológicos básicos e imprescindibles se les añadió un cuarto elemento, el tiempo, ya que la caries tiene su propia patocronia y una evolución bien determinada. Y siguiendo con el clásico esquema de los tres círculos se añade un cuarto.

Pero no acaban aquí todos los factores que intervienen en la etiología de la caries. Podríamos añadir los factores biomecánicos que contribuyen a la degradación estructural por medio de fuerzas anómalas oclusales o no que sobrepasan la capacidad elástica y de resistencia de los tejidos mineralizados dentarios.

Incluso dentro de los factores descritos como patógenos, concretamente la dieta, se pueden señalar algunos componentes que no sólo no son cariogénos sino que además son carioprofilácticos. Este es el caso de sustancias como los fosfatos, tanto el fosfato cálcico de sacarosa o el glicerofosfato cálcico como los fosfatos inorgánicos; los trimetafosfatos han demostrado su buen hacer a este respecto. Los fitatos, componentes de los hidratos de carbono no refinados se adsorben sobre la superficie dentaria impidiendo el ataque ácido. Las grasas ejercen una acción de aclarado de los

azúcares; y otros sustancias, entre las que cabe destacar el ácido glicirrhhicínico -sustancia antiinflamatoria-, así como la utilización de edulcorantes, algunos francamente carioprófilácticos y hasta remineralizadores (y por tanto terapéuticos), como el xylitol [Mäkinen et al, 1995; Tanzer, 1995], hacen que tengamos que ver la caries dental como un proceso de etiología muy compleja en la que se imbrican numerosos factores que actúan en sentidos sinérgicos a veces, y antagónicos en otras ocasiones; y aún podríamos añadir el papel de elementos que como el flúor se utilizan como agentes carioprofilácticos [Petersson, 1993] o en la terapéutica remineralizadora de la lesión incipiente de caries [Elderton, 1990; Moss, 1993; Ten Cate, 1994; Almerich, 1996].

### 1.2.3.- La caries dental: el substrato patológico.

Independientemente de que la lesión de caries sea visible, o mejor dicho, detectable con los métodos diagnósticos al uso, ésta sigue unos patrones bastante bien establecidos en cuanto a su desarrollo y evolución, influenciados fundamentalmente por el tipo de tejido sobre el que asienta, situación ésta que influye decisivamente, como después analizaremos, en las

dificultades que presentan los diversos procedimientos diagnósticos.

La caries tiene su comienzo en la llamada capa subsuperficial del esmalte, y esto quiere decir que cuando aparece la lesión más incipiente de caries todavía no es posible encontrar cavitación, ni siquiera minúscula. La forma histopatológica más precoz de caries, la caries inicial del esmalte reconoce una estructura que viene definida por la presencia de una serie de zonas con diverso grado de afectación (no todas ellas siempre presentes). La capa más profunda, la que constituye el frente de avance de la lesión cariosa, es la conocida como zona translúcida, cuando existe (ya que sólo está presente en la mitad de los casos [Silverstone, 1966]), constituye el primer cambio estructural demostrable; aquí, en esta zona, se ha demostrado una pérdida mineral de un 1%. Siguiendo hacia la superficie del esmalte, aparece una segunda área que, a diferencia de la anterior, sí que es prácticamente constante en todas las lesiones del esmalte, y se asocia a una pérdida mineral mayor, entre un 2 y un 4%. El llamado cuerpo de la lesión es la zona más grande de la lesión incipiente de la caries del esmalte, con un nivel de desmineralización del 25%. Superficialmente a esta zona se encuentra un área, prácticamente indemne, que paradójicamente se encuentra

más mineralizada que el resto de la lesión a la cual recubre superficialmente [Silverstone et al., 1985b].

La caries avanza en el esmalte siguiendo el patrón longitudinal que marcan los prismas del esmalte, así se pueden observar alteraciones lineales que, al principio, no contactan entre sí, alteraciones igualmente detectables en cortes longitudinales como transversales. Desde hace un tiempo se piensa que la lesión afecta en sus fases más precoces a la parte central del cuerpo de los prismas [Darling, 1958], aunque la desestructuración de todo el prisma tiene lugar inmediatamente después, soltándose o desuniéndose entre sí los cristales que forman los prismas [Poole y Silverstone, 1969]. De esta forma la progresión de la caries sigue un camino divergente hacia el complejo dentino-pulpar, como divergente es la estructura prismática del esmalte.

Cuando la lesión de caries avanza y llega al límite entre el esmalte y la dentina se extiende por éste, ensanchando de esta manera, en ocasiones de forma muy amplia, la difusión de la lesión, la cual, a partir de este momento progresará hacia la cavidad pulpar siguiendo la vía natural constituida por los túbulos dentinarios.

En cuanto la lesión del esmalte avanza y se cavita penetran en ella gérmenes que van avanzando hacia el interior de la lesión.

Ya en la dentina, podemos encontrar un patrón morfoestructural típico en la lesión cariosa establecida. En la región más superficial, y por tanto más cercana al esmalte que ha sido previamente alterado, nos encontramos una zona de desestructuración total de la dentina; no hay estructura tubular, y el tejido se encuentra desmineralizado y reblandecido, a la vez que contaminado por los gérmenes que están penetrando. A continuación se detecta una zona en la que todavía se ven los túbulos dentinarios, pero éstos presentan unas dilataciones aneurismáticas, dilataciones que se encuentran repletas de gérmenes. La siguiente zona que aparece en las lesiones de caries dentinaria es una zona defensiva de esclerosis, zona de un aspecto similar al de la dentina peritubular y que intenta cerrar al exterior la luz del tubo. Entre esta zona y la anteriormente descrita se sitúa una estrecha franja de desmineralización. Y, a su vez, entre la zona de esclerosis y la parte del tubo todavía ocupada por la prolongación odontoblástica que se va retrayendo hacia la pulpa se encuentra una zona de degeneración adiposa [Newbrun, 1984b]. Al contrario de lo que ocurría en el esmalte, y también debido a los condicionantes estructurales histológicos, la caries

en la dentina avanza de manera convergente hacia la cavidad pulpar, aunque puede extenderse en cierto grado de forma lateral, ya que entre los túbulos dentinarios hay algunas anastomosis [Davis, 1986] o ramificaciones [Mjör, 1974; Kaqueler et al., 1989; Avery, 1993].

Ya en estadios muy tempranos en la evolución de la caries, incluso cuando apenas ha comenzado la invasión de la dentina, se pueden encontrar alteraciones patológicas en el tejido conjuntivo pulpar. Cuando la progresión cariosa es lenta, el complejo dentino-pulpar tiene capacidad para organizar una reacción defensiva añadida a la del cierre de los túbulos ya descrita, se trata de una neoformación de dentina, la llamada dentina terciaria o dentina estimulada, de características diferentes a las de la dentina primaria o incluso de la secundaria, ya que muestra una estructura muy irregular, con pocos túbulos, los cuales siguen trayectos muy irregulares, pueden verse, incluso, zonas sin túbulos o zonas con inclusiones vasculares [Pindborg, 1970]. La presencia de zonas mineralizadas amplias en los túbulos, lo que se conoce como tractos muertos dentinarios, impide la formación de esa dentina terciaria, la cual se forma más en dientes temporales que en dientes permanentes [Corbett, 1963].

Pero, cuando la evolución de la caries sobrepasa la capacidad defensiva del diente, los microorganismos afectan al tejido pulpar; en un primer momento mediante toxinas, enzimas y otras sustancias, y en segundo término por la colonización que hacen del tejido pulpar [Negucioiu, 1983]; a partir de esa circunstancia, se desarrolla el cortejo de manifestaciones propias de la inflamación en un tejido conjuntivo, la cual puede acabar en una necrosis del mismo. La evolución de la caries puede llevar a complicaciones infecciosas en el área periapical y periodontal, e incluso a distancia.

#### 1.2.4.- La caries dental: el substrato clínico.

Las manifestaciones clínicas de la caries dental, es decir, el conjunto de sus síntomas y signos, no guarda una correlación estrecha con el substrato anatomopatológico subyacente.

La lesión cariosa en sus comienzos empieza a ser detectable, sobre todo en superficies lisa como las caras proximales del diente, como una mancha; esta mancha, blanca cuando la lesión es de lenta evolución, y marrón cuando es de rápida

evolución y/o ha habido captación de colorantes exógenos, se acompaña de una superficie de esmalte intacta, no cavitada, dura al tacto con una sonda o explorador, de aspecto mate. La mancha patognomónica de la lesión más precoz de caries representa un efecto óptico causado por la desmineralización parcial subsuperficial en la estructura íntima del esmalte. Cuando éste se desestructura en un grado mayor aparece la cavitación, la solución de continuidad en la superficie del diente, ya detectable al tacto mediante un instrumento de punta fina.

Cuando la cavitación es mayor aparece en el fondo de la cavidad el tejido dentinario, de color marrón claro, blando al tacto, y fácilmente eliminable con una cucharilla, cuando se trata de una caries aguda, y de color marrón oscuro y tacto más consistente cuando la caries es de evolución crónica.

El contacto con la pulpa puede expresarse con la aparición de una cámara pulpar "vacía", necrótica, con o sin sintomatología, y con o sin secreción serosa o purulenta; pero, en ocasiones, muestra una reacción hiperplásica del conjuntivo pulpar, tejido que emerge de su habitual continente debido al proceso inflamatorio. Los síntomas tampoco van parejos ni con la

patología ni con los signos clínicos de ésta. La caries de esmalte suele ser asintomática, o como mucho puede expresarse en forma de pequeñas molestias ante estímulos como el frío, el calor, los dulces y los ácidos. Esta sintomatología suele exacerbarse al alcanzar la lesión a la dentina. La patología pulpar tampoco se manifiesta de forma biunívoca con los síntomas. El dolor que persiste a los estímulos, el dolor espontáneo, o el dolor que aumenta con el decúbito, son signos inequívocos de mal pronóstico respecto a la vitalidad pulpar pero en ningún momento traducen la reversibilidad del proceso inflamatorio, y desde luego los síntomas no se asocian al carácter histopatológico, agudo o crónico, de la lesión del tejido dentino-pulpar.

### 1.3.- MÉTODOS DIAGNÓSTICOS EN CARIOLOGÍA.

Revisadas, aunque de forma somera y esquemática, las características etiológicas, patogénicas, patológicas y clínicas de la caries, procede ahora analizar cuáles son los procedimientos diagnósticos que se utilizan o son utilizables [Forner et al., 1989].

### 1.3.1.- El diagnóstico clínico.

Las manifestaciones clínicas de la caries son escasas, y en ocasiones incluso nulas. La lesión incipiente de caries puede no ofrecer ningún dato durante la anamnesis dada la ausencia de síntomas; en otras fases de la evolución de la enfermedad pueden aparecer manifestaciones dolorosas espontáneas o ante estímulos térmicos o de otra índole (dulces, ácidos, etc). La semiología de estas lesiones que comienzan a desarrollarse también es pobre: manchas no cavitadas marrones o blancas. A ello hay que añadir lo difícil que es establecer una correlación entre las observaciones clínicas y la anatomía patológica subyacente de la lesión. No obstante, se han intentado establecer criterios para la realización de diagnósticos clínicos mediante la observación y, como mucho, con la exploración con métodos sencillos como la sonda.

#### 1.3.1.1.- La observación.

La inspección visual es el procedimiento más limitado de los que disponemos para el diagnóstico de la lesión precoz de caries. Irregularidades en la superficie, cambios de color, de

brillo o de translucidez, la presencia de cavitaciones, son signos que han de ser interpretados junto con la perspectiva más global que proporcionan otras informaciones del paciente: hábitos higiénicos y dietéticos, experiencia previa de caries, edad, etc.

### 1.3.1.2.- La sonda dental.

El uso de la sonda dental o explorador se basa en la detección de microcavidades debido a que la sonda es retenida en ellas al ser deslizada sobre la superficie dentaria ejerciendo una presión mínima. La poca definición del proceso y la peculiar estructura de las fosas y de las fisuras dentarias, generalmente más estrechas que el instrumento más fino y la ausencia de normalización de las sondas hace que sea un procedimiento que va quedando obsoleto con fines diagnósticos. Otros son los inconvenientes que se le han objetado a la sonda dental; en primer lugar la capacidad de cambiar la topografía de los gérmenes en los microhábitats de cada fisura, y en segundo lugar, la posibilidad de producir cavitación donde no la había. respecto a estas dos últimas objeciones diversos trabajos han demostrado que, por una parte, en estudios longitudinales se comprobó como el uso de la sonda no aumentó el índice CAO y

que, por otra parte, la sonda con presiones de 1 Kg tampoco produce cavitación.

En su conjunto, la exploración clínica, tanto la inspección visual como ésta asociada al uso de la sonda presenta una baja sensibilidad como procedimiento diagnóstico de la caries incipiente, lo que se traduce como la posibilidad de dejar sin diagnosticar un número importante de lesiones con penetración en la dentina [Lussi, 1993].

### 1.3.2.- La transiluminación.

Este método se basa en la utilización de una fuente de luz que es conducida a las inmediaciones de los dientes con el fin de discriminar cambios en la mineralización de los dientes [Frayssé et al, 1984]. Esta técnica puede resultar de alguna utilidad en dientes anteriores, pero no así en dientes del sector posterior (molares y premolares) [Barenie et al, 1973].

### 1.3.3.- El diagnóstico electrónico de la caries.

El uso de la medida de la resistencia eléctrica [Rock y Kidd, 1988] puede ser útil en el diagnóstico de las lesiones incipientes de caries en superficies oclusales. En el diagnóstico de las lesiones oclusales de caries basado en las diferencias de conductancia o de impedancia de los tejidos mineralizados del diente es importante la eliminación de residuos superficiales para mejorar los resultados y para impedir la conducción hacia la encía; por ello, se han diseñado equipos diagnósticos capaces de proporcionar una corriente de aire para conseguir una superficie oclusal más propicia para un correcto diagnóstico, y se ha comprobado [Ricketts et al., 1997a] como se necesita un flujo mínimo de aire de 7'5 l/min para conseguir una sensibilidad y una especificidad diagnósticas óptimas en el diagnóstico de caries que oclusales que llegan a la dentina.

### 1.3.4.- Impedancia espectroscópica.

Con esta técnica se pueden distinguir, de manera global, dientes sanos de dientes cariados en sus superficies oclusales [Longbottom y Colles, 1994], y que en ciertas ocasiones puede

distinguir entre tejido sano, lesiones incipientes manchadas pero no cavitadas y cavidades, perfilándose como un procedimiento válido como ayuda a la toma de decisiones frente a las lesiones desmineralizadas [Huysman et al, 1994].

### 1.3.5.- Diagnóstico ultrasónico.

Desde hace poco tiempo se está trabajando en otro método diagnóstico alternativo para las lesiones proximales de caries basado en las reflexiones de ondas superficiales de ultrasonidos que pueden generar estas lesiones. Se ha comprobado (tomando como patrones cortes histológicos) como se consigue una sensibilidad del 100% y una especificidad de 91'9% [Ziv et al, 1998]. El uso de detectores ultrasónico de caries también ha señalado *in vivo* su capacidad para el diagnóstico de lesiones cariosas proximales cuando se compara con radiografías del tipo de aleta de mordida [Bab et al, 1998].

### 1.3.6.- Fluorescencia láser.

Basada en la irradiación del diente con una luz difusa de láser ( $\lambda = 488 \text{ nm}$ ) y en el registro de la imagen fluorescente del diente cariado mediante una cámara CCD con un filtro de paso alto ( $\lambda = 520 \text{ nm}$ ), puede llegar a detectar lesiones de  $0'56 \pm 0'2 \text{ mm}^2$ , con una profundidad de  $17 \pm 2 \mu$ , y con una pérdida de fluorescencia de  $17'6 \pm 0'7\%$  [Josselin et al, 1995].

### 1.3.7.- Láser de infrarrojos.

Utiliza un láser infrarrojo de baja potencia mediante fibra óptica ( $\lambda = 830 \text{ nm}$ ) y una cámara de infrarrojos. No aporta por el momento, este método, más información de la que proporciona la simple inspección visual [Longbottom y Colles, 1994].

### 1.3.8.- Termografía de infrarrojos.

Permite el diagnóstico de caries iniciales, pero la aparatología

que requiere hace que esta técnica no sea de aplicación clínica [Frayssé et al 1984].

### 1.3.9.- El diagnóstico por la imagen.

La radiología presenta numerosas ventajas como método diagnóstico: comodidad, exactitud, soporte documental, detección de lesiones con poca desmineralización, ..., aunque depende de multitud de factores para lograr la mejor calidad de las imágenes que se pueden conseguir, los cuales hay que tener en cuenta a la hora de obtener una buena radiografía, así, el kilovoltaje se ha de situar entre los 60 y los 70 kv, la observación se ha de efectuar preferiblemente con la radiografía montada sobre un soporte no transparente y mediante un negatoscopio, con magnificación y con una luz ambiental baja. Por otra parte, la radiografía no revela los estadios más precoces de la caries dental, subestimando, además, la extensión de la desmineralización [Langland y Langlais, 1997], parámetro éste a tener en cuenta cuidadosamente a la hora de planificar las decisiones terapéuticas.

### 1.3.9.1.- La radiología convencional.

La técnica radiológica más utilizada, y de más efectividad, dentro de las posibilidades de la radiología convencional es la llamada "aleta de mordida" [Razmus, 1994], desde que fuera descrita por Raper en 1925 [Pasler, 1991], con la que es posible examinar desde la superficie distal del canino hasta la mesial del tercer molar de ambas hemiarquadas maxilar y mandibular simultáneamente, aunque debido a la morfología de los dientes y su posición en la arcada, no siempre es posible ver con nitidez y sin superposiciones las superficies proximales, que son las interesantes en el diagnóstico precoz de la caries. Con esta técnica también es factible detectar caries oclusales, aunque con limitaciones. Los tamaños de película que son susceptibles de ser usados en la técnica de "aleta de mordida" se escogen en función de la edad del paciente y de su desarrollo dentomaxilar: 2x3, 3x4 y 2'5x2'5 cm, películas que se usan junto a posicionadores, como el descrito por Klauser que ha sido, concretamente, el utilizado en el presente estudio.

Las radiografías con técnica de cono largo y paralelización no cubren tantos dientes como la proyección anteriormente

descrita ya que serían necesarias cuatro radiografías en cada lado para cubrir los dientes posteriores y, salvo que se utilice un paralelizador, es más difícil evitar una distorsión en la radiografía.

Por su parte, las radiografías extraorales panorámicas presentan poca definición, por lo que no están indicadas para el diagnóstico de pequeñas lesiones de caries [Beeching, 1983].

Las radiografías, sin embargo, tienen sus limitaciones, de forma que según disminuye el tamaño de la lesión aumenta la posibilidad de diagnosticar falsos positivos y falsos negativos. En cualquier caso, las "aletas de mordida" permiten diagnosticar entre un 20 y un 40% más de lesiones que la exploración clínica (cuando nos referimos a caries de dentina). Otra limitación surge del propio observador; se dan variaciones entre diferentes observadores a la hora de interpretar una misma imagen, lo cual obliga a un entrenamiento y calibración en el caso de estudios experimentales o epidemiológicos en los que intervengan varios observadores. Otra gran dificultad surge cuando se quiere diagnosticar caries oclusales, como ya hemos esbozado anteriormente; mientras que el diagnóstico precoz de caries de superficies proximales es relativamente fácil, las

características morfológicas y estructurales de la superficie oclusal hacen que sea más difícil detectar lesiones incipientes de caries, de las cuales pueden llegar a ser diagnosticadas sólo la tercera parte; incluso las lesiones con un mínimo avance en dentina se detectan en dos tercios de los casos [Espelid, 1994].

#### 1.3.9.2.- La radiología mediante captación digital y con tratamiento de la imagen.

Debido al interés en la detección de caries en sus fases más preliminares de desmineralización, se ha intentado mejorar el diagnóstico por la imagen por diferentes medios con resultados desiguales.

La introducción de sistemas de captación digital de imágenes ha sido utilizada también para el diagnóstico de la caries. La primera de estas técnicas en aparecer fue la "RadioVisioGrafía" (RVG), desarrollada por Mouyen y Benz (1989), a la que siguieron nuevas versiones del mismo sistema y otros sistemas diferentes, algunos incluso con pequeños programas de tratamiento de la imagen incorporados.

Estos procedimientos se basan en la utilización de un captor de radiación que permite lograr una reducción en la radiación de un 80% aproximadamente y obtener la imagen inmediatamente, y todo ello de manera equivalente a las películas radiográficas convencionales [Hintze et al, 1994].

Al principio de la década de los 80 surge la radiología computerizada utilizando luminiscencia estimulada por escáner láser [Sonoda et al., 1983], basada en la introducción por Fuji de la radiografía por almacenaje sobre fósforo [Svanaes et al., 1996].

La fluorescencia inducida por luz se configura como un método que en el futuro puede ser útil para el diagnóstico de caries oclusales. Presenta una especificidad menor que la visualización directa, cuando se constata con secciones de las lesiones, pero muestra una sensibilidad mayor que la inspección visual en la determinación de la profundidad de la lesión [Ferreira et al, 1998] (en este estudio la validación se efectuó mediante microscopía confocal).

A todas estas innovaciones se le añaden procedimientos informatizados de ayuda a la toma de decisiones, con lo que se pretende optimizar el uso de los modernos equipos diagnósticos mediante la imagen [Stelt, 1993; Duncan et al, 1996].

# 2

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

The writer of textbooks should have a ready imagination  
and he should understand the child's mind.

*Aphorisms*  
*Charles H. Mayo*

---

Los métodos diagnósticos de la caries son múltiples y se han basado y se basan en mecanismos muy diferentes [Forner et al, 1989]. Tras la revisión efectuada en el capítulo anterior de los diversos procedimientos queda patente la idea de la gran importancia que ha tenido, tiene y que, previsiblemente tendrá al menos a medio plazo, los sistemas basados en el diagnóstico por la imagen. A continuación se hará una revisión de la literatura científica relacionada con los nuevos avances referentes a la radiología por captación digital y a los procesos informáticos de las imágenes así obtenidas.

Comparando radiografías de aleta de mordida (*D y E speed*) con imágenes impresas de radiovisiografías simples, se observó una sensibilidad y una especificidad similar entre ambos procedimientos para caries oclusales, mientras que para caries proximales la especificidad se mantuvo similar y la sensibilidad se manifestó ligeramente menor [Russell y Pitts, 1993].

Se han desarrollado sistemas informáticos combinados con programas de análisis de imágenes para diagnosticar lesiones cariosas. El CariesFinder es capaz de señalar la existencia o no de lesiones cariosas en una imagen radiológica en un proceso en el que el/la operador/a no tiene más que colocar un punto (x/y) en el límite entre el esmalte y el cemento y el

programa delimita la lesión y compara su densidad con la del tejido circundante [Heaven et al., 1992 y 1994]. Cuando se comparó la sensibilidad y la especificidad de este sistema con la exploración convencional de varios dentistas se vio que aquéllas eran similares en ambos procedimientos, visual y digital [Heaven et al., 1994].

Un procedimiento diagnóstico clásico, como la transiluminación mediante el uso de fibra óptica, se ha beneficiado también de las técnicas de captación digital de la imagen; así ha surgido la técnica llamada "DIFOTI™" o análisis digital de la imagen junto con transiluminación mediante fibra óptica [Schneiderman et al.; 1997]. Este método diagnóstico consiste en la captación digital de la imagen del diente obtenida por transiluminación con fibra óptica (FOTI en inglés); la imagen recibida en el ordenador es analizado mediante la aplicación de unos algoritmos que facilitan el diagnóstico y la localización de la lesión cariosa. la experimentación in vitro de esta técnica sugiere una mayor sensibilidad diagnóstica frente a las imágenes radiológicas para la detección de caries proximales, oclusales y de superficies lisas.

La digitalización de las imágenes radiológicas, además de su uso con fines diagnósticos, se puede utilizar con fines terapéuticos. Un equipo de la Universidad de Alabama

(Birmingham) desarrolló un *software* que presenta un sistema de análisis de imagen que permite no sólo determinar si hay o no una lesión de caries sino también establecer una decisión sobre la actitud terapéutica restauradora que se debería seguir en cada caso [Duncan et al., 1996]. Este sistema fue comparado con las opiniones sobre los planes de tratamiento de las mismas lesiones efectuado por un grupo de clínicos expertos, incluyendo cariólogos y radiólogos. Se vio como los clínicos, globalmente hablando, consiguieron identificar un número de lesiones similar al encontrado por el programa informático; aunque, mientras que el grupo que diagnosticó por medios convencionales mostró mayor variabilidad interna, el grupo que utilizó el procedimiento digital evidenció una uniformidad mayor.

El manejo de imágenes digitalizadas supone una mejora en el procesamiento de las imágenes ya que pueden ser observadas sin alteraciones producidas en el proceso de revelado, por ejemplo, pero, además, estas imágenes pueden ser mejoradas. En molares y premolares sin cavitación oclusal visible macroscópicamente se compararon diversos métodos diagnósticos convencionales (inspección visual, radiografías convencionales y xerorradiografías) con imágenes digitalizadas de radiografías, imágenes que fueron captadas por una cámara de vídeo conectada a un ordenador (para la mejora de la

imagen se empleó un filtro de alto paso); los resultados obtenidos mostraron que se encontraron el 20% de las lesiones cariosas dentinales por medio de la inspección visual y un 40% con radiografías, con un número mínimo de falsos positivos en ambos casos; en las otras dos situaciones diagnósticas (xerorradiografías y radiografías digitalizadas) se apreció un aumento de falsos positivos [Wenzel et al., 1991b].

La xerorradiografía, introducida en los años 80 [White et al., 1979], aunque presentaba innegables ventajas, como la posibilidad de ser observada tanto por luz transmitida como por luz reflejada, o la prontitud en obtener las imágenes finales, nunca tuvo una transcendencia en la práctica clínica habitual [Dunn y Kantor, 1993].

La imagen digital de una radiografía convencional no aporta gran cosa, pero en el caso de que la captación sea digital desde el principio de la obtención de la imagen el procedimiento sí que supone una serie de aportaciones interesantes [Dunn y Kantor, 1993]: las imágenes se producen inmediatamente, se suprimen todos los pasos y componentes del procesado químico de las radiografías al uso, y es más fácil corregir defectos de proyección y de emisión de radiación.

Las nuevas tecnologías de captación y tratamiento informático de la imagen presentan un futuro previsiblemente positivo, en

---

el que cabe pensar en el abaratamiento de los equipos, como así ha ocurrido con otros componentes informáticos, y la divulgación consiguiente de las técnicas. La capacidad de almacenaje digital de imágenes también avanza por momentos, facilitando el uso clínico diario de imágenes digitalizadas. Hay que considerar también el uso telemático de las imágenes clínicas que pueden ser enviadas y utilizadas a distancia, asunto al que ya se le vio interés hace mucho tiempo, recordemos que el primer intento en este sentido se hizo el año 1929 con la transmisión telegráfica de imágenes dentales por parte de la *Western Union Company* .

Los procedimientos de digitalización de imágenes radiográficas siguieron buscando su mejora [Berry y Hoffmann, 1981]; así surgió un software que analizaba radiografías pudiendo señalar la densidad de los tejidos observados, incluyendo métodos para compensar las variaciones debidas a la exposición y procesado de las radiografías [Verrier et al., 1989]. Esta técnica de análisis de imagen fue incorporada posteriormente por otros equipos de radiología digital.

El primer equipo comercial que presentó un sistema de captación digital de imágenes integrado fue el llamado RVG ("RadioVisioGrafía") [Mouyen et al., 1989]. El sistema consiste [Maurier, 1991] en un emisor convencional de rayos X

---

conectado a un temporizador con un microprocesador altamente sensible; en lugar de una película radiográfica se usa un sensor intraoral, este captador consta de un centelleador que absorbe la radiación y la transmite por medio de fibras ópticas hasta el "C.C.D." o dispositivo de traslado de carga, que es el que detecta la imagen [Beaupere y Mouyen, 1990]. El área sensible del sensor fue, en sus inicios, de 17x26 mm, habiéndose incrementado ésta en las sucesivas versiones del equipo, al mismo tiempo que se ha reducido el volumen del sensor que se coloca intraoralmente (con la correspondiente protección de látex, ya que no es desechable). Este procedimiento diagnóstico proporcionó desde ese momento un método que reducía el nivel de radiación y que proporcionaba una inmediatez en la presentación de las imágenes radiológicas en un monitor, imágenes que podían ser impresas posteriormente por medio de una impresora con papel térmico, de ahí el nombre de RadioVisioGrafía [Benz y Mouyen, 1989].

El procedimiento diagnóstico descrito ha sido denominado "radiografía digital directa" [Yapul y Saldivia, 1997] frente a la "radiografía digital indirecta" consistente en la manipulación o conversión digital de una imagen radiográfica convencional para obtener las ventajas ya enumeradas de este tipo de imágenes que pueden recibir tratamiento informático [Ubet et al, 1994a,b].

Al año siguiente de la presentación del sistema RVG se publicó una primera evaluación [Horner et al., 1990] en la que se reconocían sus ventajas, especialmente la de utilizar una menor dosis de radiación, cifrada en un 23% de la dosis necesaria en radiografías tipo “*D-speed* ” y en un 41% de la utilizada con las del tipo “*E-speed* “. Así mismo se apuntaban sus prometedoras posibilidades en el campo de la Endodoncia.

En este terreno, la RadioVisioGrafía supone una reducción notable en los actos operatorios endodóncicos [Fomer et al., 1992] y, en general, en todos aquellos que supongan la utilización de numerosas radiografías peroperatorias (inserción de retenedores intrarradiculares, implantología, etc.), ya que desaparece el tiempo dedicado al procesado de las radiografías. De la misma forma, la función “*zoom* “ colabora a mejorar el diagnóstico al aumentar zonas como la apical de importancia fundamental en el tratamiento endodóncico [Duret et al., 1988] Una ventaja adicional es la de poder utilizar las imágenes mostradas en el monitor del sistema para mejorar la comunicación entre el/la profesional y el/la paciente. La cirugía endodóncica, la cirugía periapical, también se puede ver beneficiada de esta técnica [Imburgia et al., 1990]. Los procedimientos de análisis de la imagen se ha visto como pueden ser útiles en el ámbito de la patología periapical

[Berástegui et al., 1991]. Midiendo la longitud de conductos intrarradiculares se comprobó que no habían diferencias estadísticamente significativas entre las imágenes proporcionadas por un sensor rígido, como el de la RVG, y una película radiográfica, flexible [Shearer et al., 1990], con lo que este efecto posible de distorsión queda patente que no se produce.

Los sistemas radiológicos de captación digital han sido comparados en cuanto a su precisión diagnóstica con imágenes radiográficas convencionales sobre película E-speed en lesiones periapicales pequeñas experimentales [Kullendorf et al., 1996], y así se vio que la calidad de las imágenes digitales directas eran comparables a las obtenidas con película radiográfica (E-speed). Pero, la influencia de la modificación de la imagen digitalizada en sus aspectos básicos, brillo y contraste, es mínima cuando se compara esta imagen modificada con la original, cuando ésta es de alta calidad; así se ha comprobado en un estudio sobre lesiones como las descritas anteriormente y usando el sistema Visualix/Vixa, de Gendex Dental Systems [Kullendorf y Nilsson, 1996].

Otro análisis comparativo, ésta vez estudiando lesiones proximales de caries in vitro utilizando películas radiográficas Ektaspeed y el sistema de radiología digital Digora [Svanaes et al., 1996], también demostró que las imágenes obtenidas

---

mediante captación digital y posteriormente leídas por el sistema del equipo Digora mostraban una capacidad diagnóstica de caries proximales similares a las obtenidas mediante radiografías convencionales, con película Ektaspeed en este caso.

Una variante de los sistemas radiológicos digitales es el que se basa en la lectura de una placa reutilizable que ha sido previamente impresionada por la emisión de rayos X procedente de un generador convencional. La imagen queda almacenada en una superficie de fósforo de la placa. La lectura de esta imagen es realizada mediante una emisión láser que recorre la superficie de fósforo de la placa de donde es liberada la energía latente que permite la obtención de un conjunto de señales eléctricas, éstas son convertidas en otras digitales que son almacenadas en un ordenador en una carpeta de imágenes para Windows y OS/2 [Svanaes et al., 1996]. Este procedimiento fue inicialmente utilizado para la obtención de tomografías panorámicas [Kashima et al., 1985] y de cefalografías [Seki y Okano, 1993], y posteriormente introducido en el campo de la radiología intraoral [Kashima et al., 1994].

Una de las características más significativas de los sistemas radiológicos que manejan imágenes obtenidas por captación

digital es que sus sensores, al ser más sensibles a la radiación que las películas radiográficas, permiten la utilización de dosis de radiación reducidas en un 60% [Sanderink, 1993; Seki y Okano, 1993]. Otros sensores de reciente incorporación al campo de la radiología odontológica permiten bajar aún más los niveles de exposición a la radiación, pero se pensó en que tales dosis reducidas podrían ir asociadas a un descenso parejo en la calidad de las imágenes obtenidas con fines diagnósticos; en un estudio llevado a cabo en el Centro Académico Odontológico de Amsterdam [Velders et al., 1996] se analizaron los sensores de los sistemas Sidexis, de Siemens, y Digora, de Orion Corporation Soredex, con el fin de determinar su capacidad diagnóstica en Endodoncia, y se vio como reducciones de hasta un 95% en la dosis de radiación ambos sistemas eran capaces de realizar conductometrías en premolares con limas del número 20.

La radiología digital se ha utilizado en numerosos campos de la Estomatología, como en periodoncia [Pass et al., 1994] o en patología periapical [Furkart et al., 1992].

La Endodoncia es un campo en el que el uso de la radiología digital tiene un papel importante, por el número de radiografías peroperatorias que se efectúan en cada tratamiento, ya que con estos sistemas digitales se ahorra tiempo operatorio y se

---

reduce la exposición de los pacientes a la radiación. Diversos trabajos resaltan su utilidad en la realización de conductometrías, de la obtención de la longitud de trabajo [Shearer et al., 1990 y 1991; Almenar et al., 1997], aunque algunos autores señalan una limitación en su capacidad diagnóstica, fijando un calibre mínimo de lima que puede ser observado sin dificultades, el número 15 [Sanderink et al., 1994].

El diagnóstico de las diferentes formas clínicas de caries mediante radiología digital está siendo estudiado. Aunque algún trabajo cuestiona la capacidad diagnóstica de estos procedimientos que trabajan mediante la captación digital de la imagen cuando se está frente a lesiones mínimas de caries [Sanderink y Huiskens, 1992], otros estudios aseguran que la habilidad de la radiología digital en sus diferentes vertientes para diagnosticar caries es similar a la que presentan las radiografías convencionales [Russell y Pitts, 1991; Wenzel A et al., 1991a; Hintze et al., 1994].

Vemos, pues, como el desarrollo de los sistemas de radiología digital ha ido en aumento desde su aparición, con la aportación de la asociación de programas de tratamiento de imágenes que favorecen el análisis y la interpretación de las mismas. Precisamente, en el campo del diagnóstico de las lesiones

incipientes de caries pueden suministrar ayudas a la detección más temprana de las lesiones y, por lo tanto, a convertir en más conservador el enfoque terapéutico de las mismas. Es en este sentido en el que se desarrolla el presente trabajo.

# 3

## OBJETIVOS

E jatsia considerada una insuficiencia, e les curials e familiars obligacions, qui obsten, e les aduersitats de la noyble fortuna qui no donen repos a la mia pensa, de aquest treball justament escusar me pogues; empero confiant en lo sobiran be, donador de tots los bens, qui ajuda al bons desigs suplint lo defalliment dels desijants e porta los bons proposits a degudes fins, e vostra senyoria, qui per sa virtut comportara los defalliments així en stil com en orde, en lo present tractat per mi posats per inaduertencia, e pus verdadera ignorancia me atrevire a espondre; no solament de lengua anglesa en portoguesa, mas encara de portoguesa en vulgar valenciana, per ço que la nacio don yo so natural en puxa alegrar e molt ajudar per los tants e tan insignes actes com hi son

*Tirant Lo Blanch*

*Joanot Martorell*

El diagnóstico precoz de la caries dental es fundamental en el enfoque del planteamiento terapéutico de la misma. La remineralización de la lesión que comienza su desarrollo puede evitar su cavitación y por lo tanto su tratamiento quirúrgico mediante el tallado de una cavidad terapéutica y su consiguiente obturación con un material *ad hoc* .

Revisada la evolución de las técnicas más recientes de diagnóstico por la imagen, en general, y de obtención de imágenes radiológicas digitales, en particular, es el momento de exponer los objetivos que persigue este trabajo.

### 3.1.- OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la capacidad diagnóstica en cariología de un equipo radiológico digital de última generación, solo y asociado a un programa informático de ayuda al diagnóstico de la caries dental mediante análisis de la imagen; y compararla con otros procedimientos diagnósticos clínicos: radiografías convencionales e inspección (visual y táctil).

### **3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

**3.2.1.- Comparar la eficacia diagnóstica de las siguiente pruebas utilizadas para el diagnóstico de caries oclusales y proximales con el patrón histopatológico correspondiente.**

**3.2.1.1.- Radiografías convencionales correspondientes a dos fabricantes distintos.**

**3.2.1.2.- RadioVisioGrafía, en dos situaciones:**

- presentación normal, e
- imagen magnificada.

**3.2.1.3.- Radiología por captación digital asociada a un programa de ayuda al diagnóstico de la caries dental.**

**3.2.2.- Comparar la eficacia diagnóstica de la inspección, la radiología convencional y la radiología por captación digital.**

# 4

## MATERIAL Y MÉTODO

Ninguna investigación humana se puede llamar ciencia auténtica  
sin pasar por la comprobación matemática.

*Tratado de la Pintura*  
*Leonardo Da Vinci*

#### 4.1.- ESTUDIO PILOTO.

Antes de proceder al estudio de la capacidad diagnóstica de la radiología por captación digital asociada al tratamiento digital de las imágenes en el caso de lesiones cariosas incipientes realizado sobre lesiones reales, se consideró conveniente efectuar una investigación preliminar sobre una muestra de dientes a los que les fueron practicadas artificialmente lesiones similares radiológicamente a aquéllas de la caries poco evolucionada, con el fin de comprobar si ante defectos estructurales claros y normalizados, este procedimiento radiológico permitía distinguir la densidad radiológica de las lesiones provocadas de las densidades de los tejidos dentarios que las rodean.

##### 4.1.1.- Objetivo.

Determinar la eficacia diagnóstica de la radiología mediante captación digital asociada al tratamiento digital de la imagen en el caso de lesiones mínimas experimentales similares a las cariosas.

#### 4.1.2.- Procedimiento.

##### 4.1.2.1.- Muestra.

La muestra estuvo compuesta por una serie de dientes del sector posterior de la boca (n=39), de los cuales 18 eran premolares y 21 molares, extraídos por causas periodontales u ortodóncicas. Todos ellos se encontraban libres de caries y de defectos estructurales, del desarrollo o adquiridos, del esmalte o de esmalte y dentina que pudieran interferir con las imágenes que se iban a obtener pudiendo originar errores diagnósticos.

##### 4.1.2.2.- Preparación cavitaria.

En cada una de las superficies proximales de los dientes muestrales se talló una cavidad en una zona inmediatamente por debajo del punto de contacto interproximal y equidistante tanto de la superficie vestibular como de la lingual/palatina, tratando con ello de reproducir la localización de inicio de las lesiones proximales de caries.

Para tratar de emular artificialmente una lesión cariosa se optó por producir una cavidad mediante un instrumento rotatorio de corte dentario; para ello se escogió una punta abrasiva de diamante (fig. 1) cuyo código es: 806 314. 8804, con el diámetro 009 con forma de

paraboloide de revolución y con un tope que le impide avanzar más allá de él<sup>1</sup>; con ella se consiguen cavidades de pequeño tamaño, uniformes gracias al límite en el tallado producido por el tope, y con una forma casi cónica, de base externa y vértice interno, similar a las lesiones incipientes de caries, todavía limitadas al esmalte. Para una mayor homogeneización en los tallados producidos se utilizó una fresa distinta para cada cavidad, de forma que cada fresa solo efectuó una preparación cavitaria.

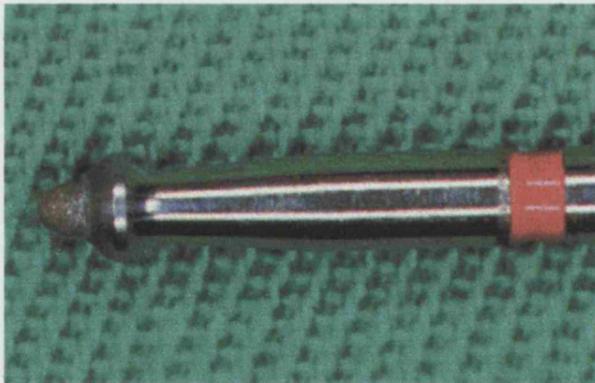


Fig. 1: Fresa 806 314. 8804, de diámetro 009.

<sup>1</sup> Komet. Gebr. Brasseler. Lemgo. Alemania.

#### 4.1.2.3.- Radiología.

Una vez producidas las lesiones experimentales sobre los dientes, éstos fueron radiografiados, utilizando un equipo de radiología por captación digital con las siguientes características y procedimiento:

- emisor de rayos X: equipo ORIX-AET de 65 Kv<sup>2</sup>;
- equipo de RadioVisioGrafía Trophy<sup>3</sup>;
- se colocaron los dientes sobre el captador del sistema, previamente recubierto por un protector de látex, de manera que su eje ocluso-apical estuviera paralelo al eje mayor del captador, estabilizando la posición de los dientes con pequeñas porciones de cera blanda Periphery Wax<sup>4</sup>;
- el tubo del aparato de rayos X se colocó a 10 cm del captador y perpendicular a él gracias al auxilio de un paralelizador de radiografías que se utiliza con el sistema de RVG,
- tiempo de exposición: 1 s,
- las condiciones de brillo y contraste se establecieron tras varias pruebas y obtener las mejores condiciones de visualización.

Las imágenes obtenidas en el monitor fueron aumentadas hasta 700 veces (máxima magnificación permitida por el software del sistema) gracias a la función zoom del equipo.

---

<sup>2</sup> Ardet. Corsico. Italia.

<sup>3</sup> Trophy Radiologie. Marne - La Vallée. Francia.

<sup>4</sup> Surgident. Bayer Corporation Dental Products. South Bend. EE. UU.

#### 4.1.2.4.- Densitometrías.

Por medio del programa Visualdent 1.1<sup>5</sup> incorporado al sistema de RVG, y sobre las imágenes aumentadas de las zonas correspondientes a las lesiones artificialmente producidas, se trazaron unas líneas que cruzaban la lesión de forma perpendicular a la superficie externa y pasando por el vértice interno. Sobre las líneas dibujadas el programa mencionado permite desarrollar un histograma que marca la medida de la densidad en cada punto, con una gradación de 8 puntos (fig. 2). Se registró en cada una de las cavidades la densidad en el centro de la línea descrita; también se midieron las densidades medias del esmalte sano, de la dentina y de la pulpa para poder establecer posteriormente una comparación.

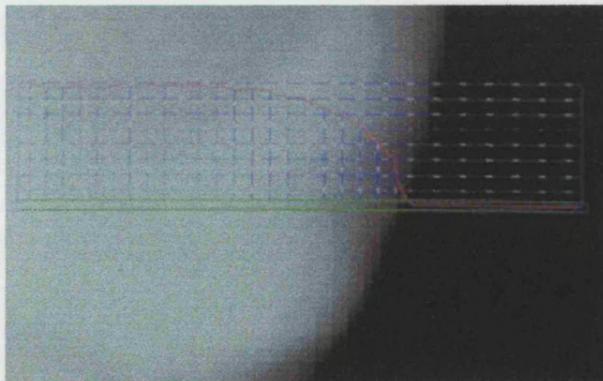


Fig. 2: Densitometría de una lesión de caries

<sup>5</sup> NemoDent. Madrid. España.

#### 4.1.2.5.- Tratamiento estadístico.

En primer lugar se comprobó la ausencia de normalidad en los datos de la muestra por medio del test de Kolmogorov-Smirnov, empleando a continuación el test, no paramétrico, de Wilcoxon con un nivel de confianza del 95%.

#### 4.1.3.- Resultados.

La densidad media obtenida por mediciones en la zona central de la lesión, como ya se ha explicado, fue de 3'78 (sobre 8). Los diferentes tejidos dentarios mostraron las siguientes densidades medias:

- esmalte: 7'65,
- dentina: 5'33 y
- pulpa: 3'65.

La densidad de la lesión muestra una diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0'0001$ ) con la del esmalte, ésta llega a doblar a aquélla; en cambio no hay diferencias con la densidad de la dentina ( $p = 0'0001$ ).

Los resultados obtenidos no ofrecieron diferencias entre los distintos grupos dentarios que compusieron la muestra (molares y premolares).

#### 4.1.4.- Conclusiones.

El presente estudio preliminar señala la posibilidad diagnóstica del equipo de RadioVisioGrafía con sus opciones informáticas en el campo de la detección de lesiones mínimas de caries.

Tras la comprobación de la utilidad del mencionado procedimiento diagnóstico sobre lesiones artificialmente producidas similares a las de la caries y normalizadas, se impone una comprobación experimental sobre la capacidad diagnóstica de este sistema tanto sobre caries oclusales como proximales, empleando para ello especímenes con lesiones reales de caries de diferentes intensidades y afectando a los diferentes tejidos dentarios.

#### 4.2.- MATERIAL.

##### 4.2.1.- Especímenes.

Se escogieron una serie de dientes (n=192) exodonciados por diferentes razones y procedentes de diversas fuentes con o sin lesiones cariosas. Los dientes fueron conservados en formaldehído en solución acuosa al 37% con un 10% de metanol para ser usado como agente fijador y antiséptico (Jablonski, 1992b).

#### 4.2.2.- Material de exploración.

Para la inspección visual se desechó cualquier aditamento, de esta forma no se utilizó sonda de exploración ni tampoco lentes de aumento para magnificar la imagen. La inspección se hizo bajo condiciones naturales de iluminación.

#### 4.2.3.- Equipo de diagnóstico por la imagen.

Para el estudio radiográfico los dientes fueron montados en grupos de 8, intentando simular las condiciones reales de un estudio de este tipo, como se describirá en el punto 3.1. de la presente sección referente a la descripción del material y el método.

Entre los modelos así preparados de arcadas dentarios y el emisor de rayos X se dispuso un material que simula la densidad radiológica de los tejidos blandos, con el ánimo ya mencionado de reproducir lo más fielmente posible las condiciones orales reales. Se utilizó una placa acrílica<sup>6</sup> de 1 cm de grosor (Forrestacryl).

---

<sup>6</sup> Forrestadent. Alemania.

#### 4.2.3.1.- Radiología convencional.

##### 4.2.3.1.1.- Generador de rayos X.

Se utilizó un aparato ORIX-AET, de 65 Kv, con goniómetro posicionador (fig.3) y temporizador. El tiempo de exposición seleccionado fue de 0'8 s. Se trata del mismo equipo que se utilizó en el estudio piloto.

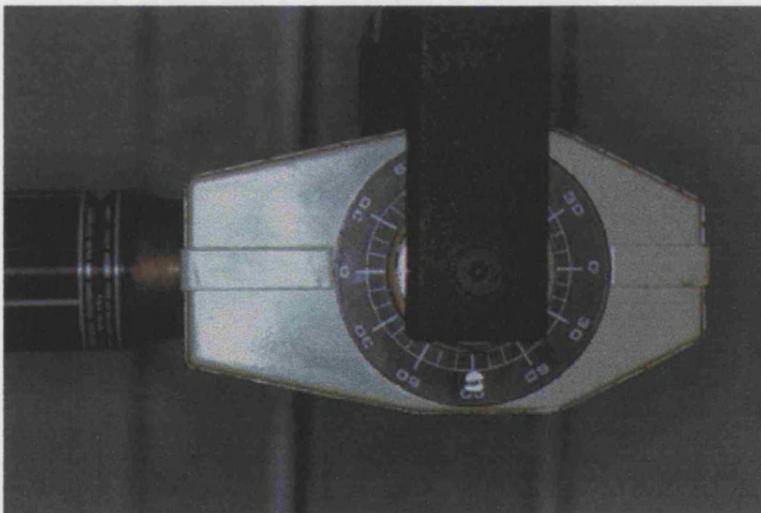


Fig. 3: Goniómetro para posicionar el tubo de rayos X

#### 4.2.3.1.2.- Paralelización.

Se logró mediante un paralelizador de Klauser, de plástico, el Hawe Kwik-Bite<sup>7</sup>, que a la vez que sujetó la película radiográfica marcó la distancia entre el extremo del tubo de rayos X y la aquélla (fig. 4). El paralelizador también orientó y confirmó la posición del tubo respecto a la placa: perpendicular, con el plano que forma el círculo exterior del tubo paralelo al plano que determina la propia película radiográfica. Su utilización fue similar a su uso en la boca.



Fig. 4: Paralelizador utilizado para las películas radiográficas

<sup>7</sup> Hawe Neos Dental. Bioggio. Suiza.

#### 4.2.3.1.3.- Película.

Ultraspeed DF-58 Periapical (size 2)<sup>8</sup> y Agfa Dentus M2 Comfort (size 2)<sup>9</sup>. El tamaño de ambas películas es de 3x4 cm (fig.5).

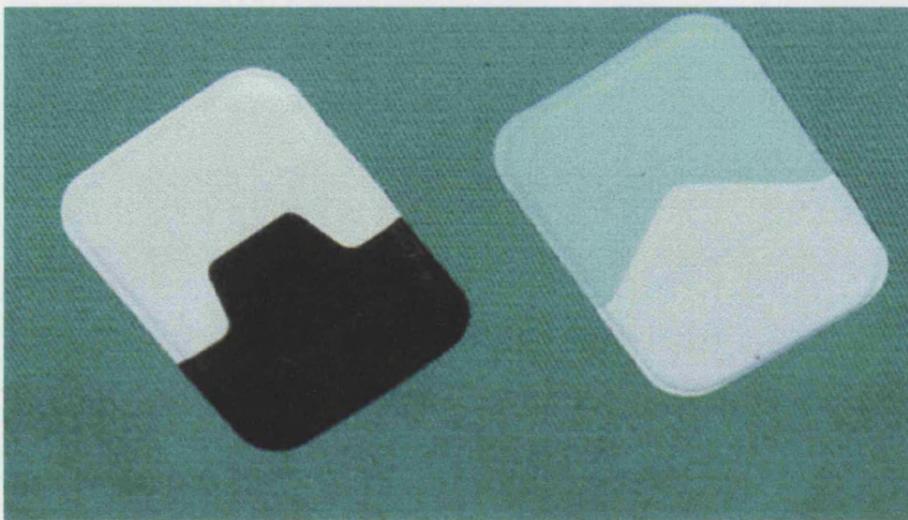


Fig. 5: Películas radiográficas: Agfa (izquierda) y Kodak (derecha).

---

<sup>8</sup> Kodak. EE. UU.

<sup>9</sup> Agfa-Gevaert N.V. Mortsel. Bélgica.

#### 4.2.3.1.4.- Procesamiento.

El procesado de las películas impresionadas se efectuó automáticamente en una reveladora Periomat<sup>10</sup> (fig. 6).

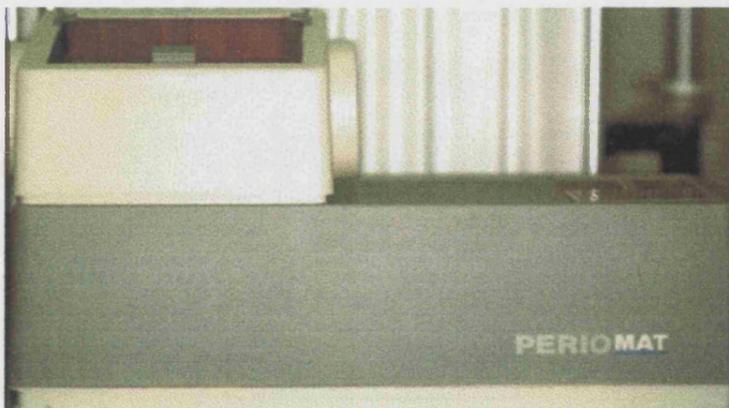


Fig. 6: Reveladora automática.

#### 4.2.3.1.5.- Visualización.

Mediante negatoscopio con luz día ambiental, sin opacificación de la luz del entorno ni magnificación.

---

<sup>10</sup> Dürr Dental. Alemania.

#### 4.2.3.2.- Radiología digital.

De los mismos modelos con dientes fueron también obtenidas imágenes radiológicas obtenidas mediante captación digital, usándose un equipo de "RadioVisioGrafía" Trophy de última generación<sup>11</sup>, capaz de procesar la imagen obtenida y modificarla como se describirá más adelante (fig. 7).

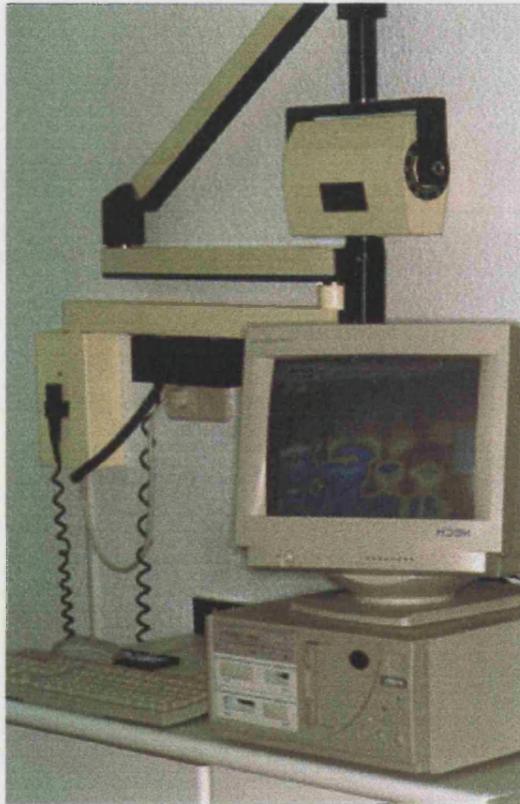


Fig. 7: Equipo de radiología digital.

<sup>11</sup> Trophy Radiologie. Marne - La Vallée. Francia.

#### 4.2.3.2.1.- Generador de radiación.

El mismo emisor utilizado para impresionar las películas radiográficas fue empleado con el sistema de RVG (cf. 2.3.1.1). El tiempo de exposición se eligió tras una serie de pruebas previas con el fin de determinar qué tiempo daba la mejor imagen, que resultó ser de 0'4 s. En todos los casos la imagen obtenida fue ecualizada con el fin de mejorar al máximo la resolución de la misma y facilitar al máximo la capacidad de diagnóstico, ya que ésta es una posibilidad intrínseca de este sistema.

#### 4.2.3.2.2.- Paralelización.

También se utilizó un sistema de paralelización, que en este caso fue realizado a medida de las condiciones de exploración. El captador se colocó tras los dientes montados en bloques, como después se describirá, e inmediatamente anexos a ellos con el fin de eliminar sombras radiológicas y mejorar, de esta manera, la calidad de la imagen final; la sujeción, estabilidad y posicionamiento del captador se consiguió mediante un soporte modelado expresamente para ello con silicona de consistencia masilla, concretamente la 3M Express™ STD Putty<sup>12</sup>. Sobre la escayola del soporte de los dientes se realizaron marcas para encuadrar el captador y conseguir así una imagen completa con todas las

---

<sup>12</sup> 3M Dental Products. St. Paul. EE. UU.

superficies que interesaban (desde la mesial del primer premolar hasta la distal del segundo molar). El tubo de rayos X se dispuso perpendicularmente a la alineación de los dientes que iban a ser explorados gracias a la ayuda de unas marcas dibujadas sobre la base que soportaba a todos los elementos; la orientación del tubo paralela al suelo se comprobó con la ayuda del goniómetro del propio equipo de rayos. Entre el extremo del tubo y los dientes se colocó el simulador de tejidos blandos, en contacto con el modelo con los dientes (fig. 8).

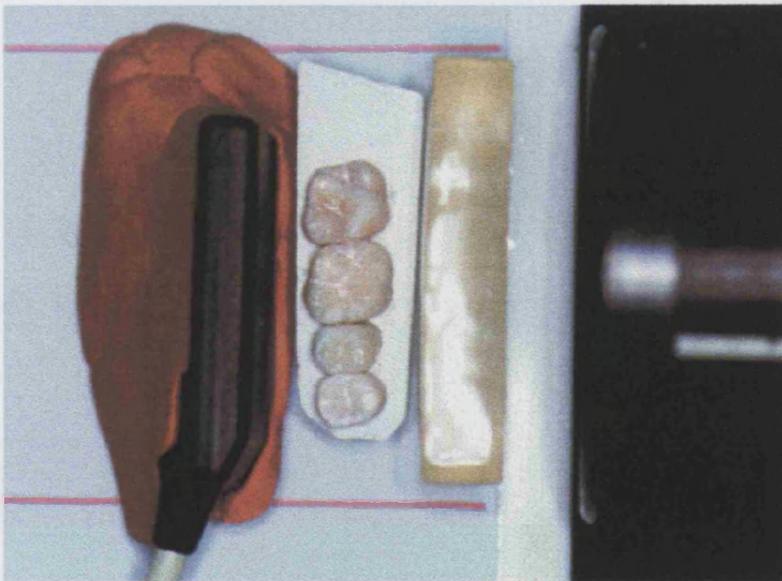


Fig. 8: Posicionamiento de elementos para la radiología digital.  
De izquierda a derecha: sensor de RVG, modelo con los dientes,  
simulador de tejidos blandos y tubo de rayos X.

#### 4.2.3.2.3.- Captador de radiación.

Se trata de un sensor que capta la radiación por medio de centelleador que, tras absorber la radiación, la transmite a través de fibras ópticas hasta el "C.C.D." o dispositivo de traslado de carga, que es el que detecta la imagen; el captador se completa con el consiguiente equipo electrónico de apoyo (fig. 9).

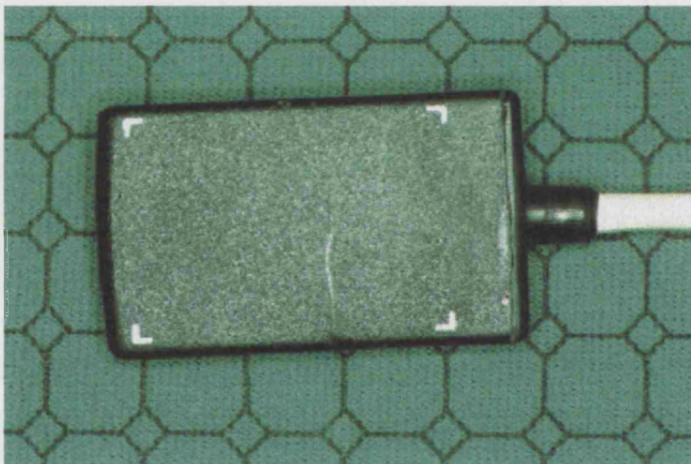


Fig. 9: Sensor del sistema de RVG.

#### 4.2.3.2.4.- Unidad de producción de imágenes.

Gracias a ella se puede ver la imagen captada; la unidad de producción de imágenes permite variar la presentación de la

imagen, proporcionando una serie de recursos que se describirán más abajo y que son los que pueden permitir una mejora en las condiciones de observación respecto a las imágenes radiográficas convencionales sobre película.

#### 4.2.3.2.5.- Periféricos.

##### 4.2.3.2.5.1.- Monitor.

El monitor es un tubo catódico de alta resolución de 24 Mhz y 7 pulgadas, con 110.000 puntos y que proporciona 256 tonos de gris y la posibilidad de aplicar pseudo-color a las imágenes obtenidas.

##### 4.2.3.2.5.2.- Impresora.

Puede ser utilizada de manera opcional para la conservación de las imágenes, aunque para este estudio se prefirió el almacenaje digital de las mismas para no incluir una posible causa de distorsión de los resultados, quedando así todo el proceso de captación, tratamiento y análisis dentro de un proceso de tecnología digital.

##### 4.2.3.2.6.- *Software* .

Los programas utilizados junto con el equipo de RVG han sido los siguientes:

---

4.2.3.2.6.1.- El propio sistema de RadioVisioGraphy de Trophy incluye un programa propio de tratamiento de imágenes para facilitar el diagnóstico. Este programa, además de la imprescindible presentación de la imagen obtenida tras la radiación en la pantalla, ofrece una serie de posibilidades, alguna de las cuales ha sido utilizada para este trabajo, y que enumeramos a continuación:

- cambio de positivo a negativo y viceversa;
- pseudocolor, con dos tonos preestablecidos;
- ecualización y control del brillo y del contraste;
- magnificación de las imágenes sobre áreas que se pueden seleccionar, con dos aumentos preestablecidos;
- densitometrías de segmento (o de puntos) de la imagen que se pueden determinar libremente;
- aplicaciones sencillas de tratamiento de imágenes: incorporación de textos, flechas, y recuadros a la imagen, todo ello de carácter reversible;
- paso a otros programas conectados: de diagnóstico de caries, o de gestión de historias clínicas;
- y, por supuesto, el resto de aspectos de cualquier programa: archivo, herramientas, etc.

4.2.3.2.6.2.- El Logicon<sup>13</sup>, es un programa que ofrece, sobre una zona que se determina, las densitometrías en esmalte y dentina y señala la probabilidad de que esas densidades se correspondan

---

<sup>13</sup> Trophy Radiologie. Marne - La Vallée. Francia.

con lesiones cariosas, pudiéndose variar el umbral de exigencia diagnóstica. El manejo de este programa pasa por las siguientes fases:

#### 4.2.3.2.6.2.1.- Presentación de la imagen en la pantalla.

Tras la captación radiológica y aparición de la imagen en el monitor, dentro del programa de RVG, se pasa dicha imagen al programa de diagnóstico de caries, en donde aparece modificada, es decir, magnificada, aumento que viene predeterminado por el propio programa. En este modo de presentación se ofrece la posibilidad de seleccionar el diente, mejor dicho, la superficie dentaria que se quiere analizar. Para ello, se selecciona la zona utilizando los cursores de localización vertical y horizontal. Encontrada la zona deseada, hay que comunicar al programa que tipo de diente es el que hemos seleccionado (molar, premolar, canino o incisivo) activando uno de los botones que aparecen en el borde superior de la pantalla (fig. 10).

#### 4.2.3.2.6.2.2.- Selección del área en la que está o puede estar la lesión de caries que se trata de diagnosticar.

Después de haber activado un tipo de diente concreto, el ratón de la pantalla se transforma en un "sol" para indicar que se encuentra en disposición de efectuar su tarea. El ratón así activado se coloca,

---

aproximadamente, en el centro del diente, sobre dentina, y al oprimir el botón derecho aparece un ángulo en la pantalla con vértice en el cursor; moviendo éste hacia arriba y hacia abajo se desplaza el ángulo hacia oclusal o incisal, respectivamente, y alejándolo o acercándolo de su posición inicial, el ángulo se abre o se cierra. de esta forma se consigue que las líneas que configuran el ángulo enmarquen una porción de la superficie proximal que interesa que sea diagnosticada. En este momento se libera el botón y se queda fijo el ángulo (fig. 11).

#### 4.2.3.2.6.2.3.- Diagnóstico.

Inmediatamente a la maniobra anterior aparece en el lado derecho de la pantalla una densitometría de la zona representada de forma esquemática, la cual señala la situación de la caries topográficamente, en sentido oclusal/incisal y superficial/profundo (fig. 12). Al mismo tiempo se muestra, con un diagrama de barras, la probabilidad de tener caries tanto en el esmalte como en la dentina, en una escala de diez grados desde el 0 hasta el 1, y con un margen que hemos considerado de 0'05. Sobre la imagen radiovisiográfica magnificada se superponen automáticamente unas líneas verdes y azules que delimitan la zona observada y analizada, y unas líneas rojas que perfilan la lesión de caries; todas estas marcas se pueden eliminar a voluntad de la imagen .



Fig. 10: Presentación preliminar del programa Logicon. En ella se muestra la imagen radiológica obtenida por captación digital mediante el sistema de RadioVisioGrafía, junto con los elementos necesarios para comenzar el diagnóstico.

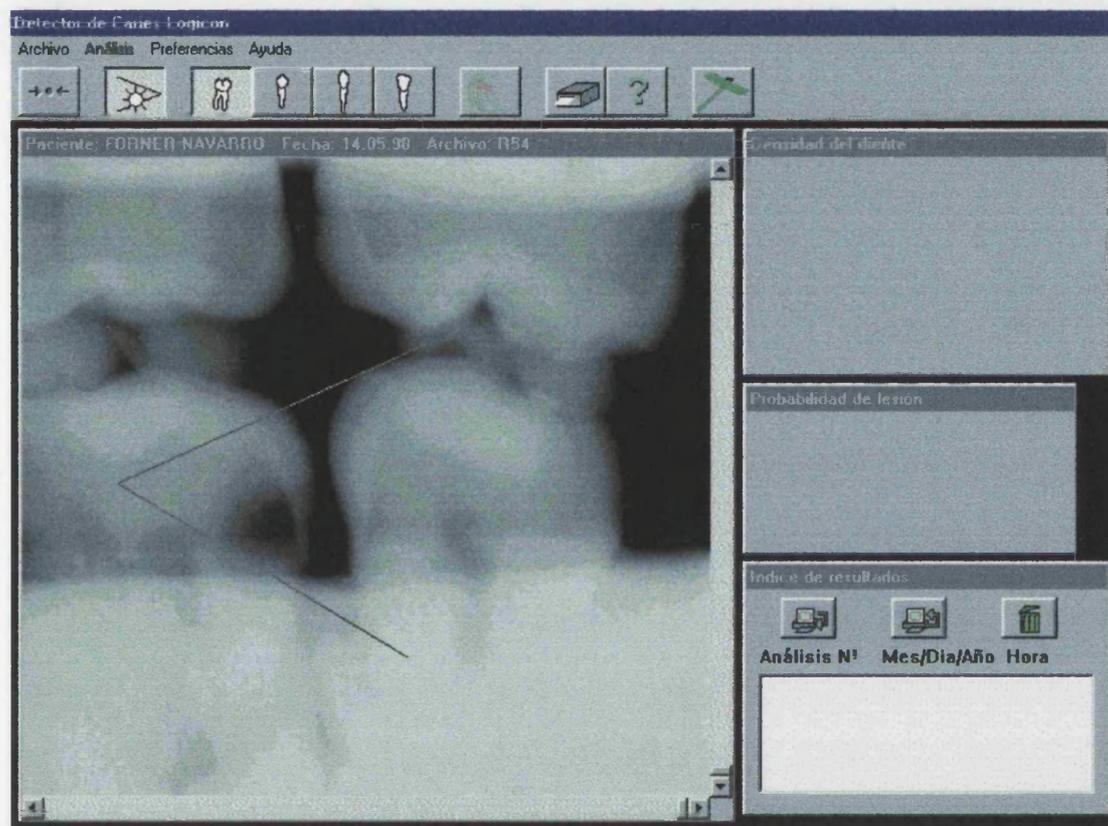


Fig. 11: Programa de ayuda al diagnóstico. Activación de la función que delimita el área que va a ser analizada.

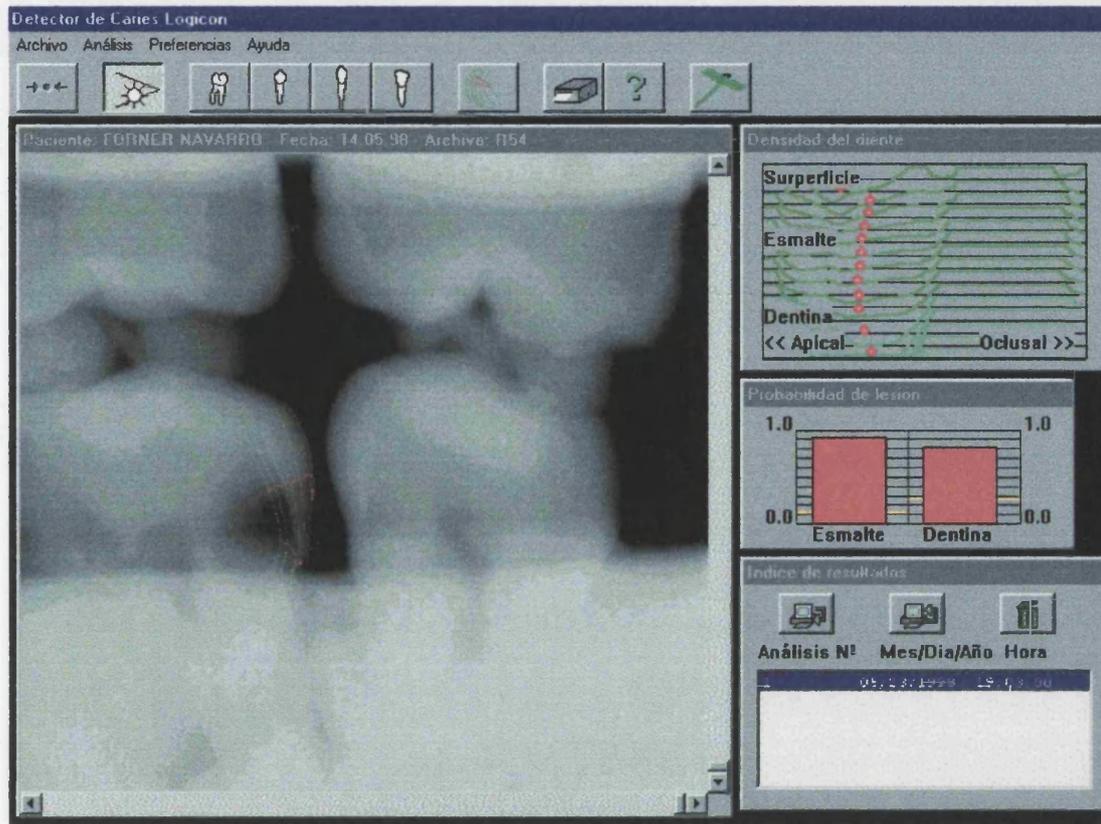


Fig. 12: Ejemplo de diagnóstico con Logicon. Sobre la imagen radiológica se ha dibujado el contorno de la lesión. En la porción superior derecha de la pantalla se dibuja un esquema de la lesión, queda a la derecha la vertiente oclusal y a la izquierda la apical, en la zona superior se representa el esmalte y en la inferior la dentina. El histograma de barras que aparece bajo el esquema descrito señala la probabilidad de tener caries en esmalte (izquierda) y en dentina (derecha).

#### 4.2.3.2.6.2.4.- Determinación del umbral de decisión.

Para conseguir las probabilidades de diagnóstico explicadas en el punto anterior, es preciso marcar previamente cual es el rigor que se desea. El programa permite seleccionar el porcentaje de falsos positivos. Si no se adapta, se quedará fijado por el programa de manera automática en un 15%, situación en la que se ha usado en este trabajo.

#### 4.2.3.2.6.2.5.- Conservación de los análisis.

Cada uno de los análisis efectuados puede ser almacenado con su número de orden y fecha; para ello hay una sección de la pantalla a la que se accede simultáneamente con la de la imagen, la de la densitometría, y la de los valores de probabilidad.

4.2.3.2.6.3.- Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizó el programa SPSS<sup>14</sup>.

#### 4.2.3.2.7.- Análisis de la imagen.

Las modificaciones realizadas en las imágenes radiológicas captadas digitalmente fueron guardadas también en formato digital mediante volcado de pantaña en un programa de tratamiento de

---

<sup>14</sup> SPSS Inc. EE. UU.

---

imágenes (Adobe Photoshop<sup>15</sup>) en el que fueron seleccionadas las porciones importantes de las mismas y almacenadas independientemente para su posterior uso.

#### 4.2.4.- Fotografía.

Los especímenes fueron fotografiados en sus caras oclusales y vestibulares, empleando para ello una máquina fotográfica Pentax M.D. Image II con un macro Pentax 100 y un flash anular Pentax; también fue utilizado una lente de aumento para ampliar cada superficie oclusal (SMC Pentax close-up lens T9 2x)<sup>16</sup>.

#### 4.2.5.- Sección de los dientes.

La comprobación anatomopatológica de las lesiones cariosas existentes se efectuó tras un tallado por desgaste de los especímenes con una máquina SBT 900 (fig 13)<sup>17</sup>, incorporándole instrumental abrasivo de grano grueso para comenzar (Diamond Brand P 80 nº 11/2) y fino para terminar y mejorar la observación posterior (Polishing Cloth Rayon-Fine 8" diameter PSA P/N PRF 08A-10)<sup>18</sup>. Todos los pasos se hicieron bajo abundante refrigeración acuosa.

---

<sup>15</sup> Adobe Systems Inc. EE. UU.

<sup>16</sup> Pentax. Japón.

<sup>17</sup> South Bay Technology. EE. UU.



Fig. 13: Pulidora para obtener secciones dentarias por desgaste.

#### 4.2.6.- Observación de los dientes seccionados.

Para determinar si el diente realmente estaba afectado por caries y cuál era el grado de afectación dentaria, la extensión de la lesión, se observaron los dientes, previamente seccionados, en un fotomicroscopio Nikon SMZ-10A equipado con una cámara Nikon

---

<sup>18</sup> SBT Inc. San Clemente. EE. UU.

FDX-35 y su correspondiente adaptador (Nikon H-III)<sup>19</sup> y una fuente de luz (Intralux 4000-1)<sup>20</sup>, utilizando para ello 32 aumentos (fig. 14).

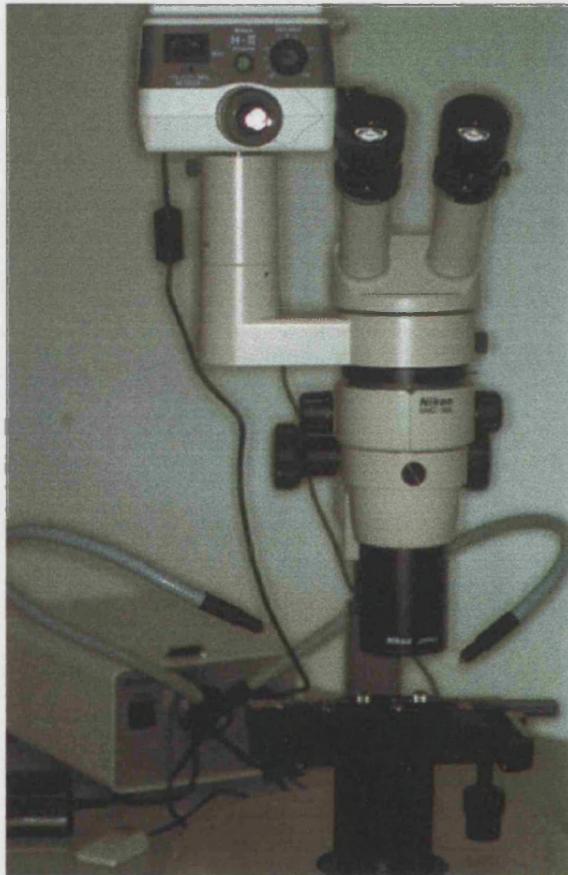


Fig. 14: Fotomicroscopio de reflexión.

<sup>19</sup> Nikon. Japón.

<sup>20</sup> Volpi. Suiza.

### 4.3.- METODOLOGÍA.

#### 4.3.1.- Preparación de los dientes.

Los dientes utilizados, como ya se ha comentado en el punto 4.2.1., fueron obtenidos por exodoncia debida a diversas causas: periodontales, ortodóncicas, prostodóncicas, quirúrgicas, ... y conservados en un medio adecuado (cf. punto 4.2.1). Para poder ser empleados en este estudio los criterios de inclusión que fueron utilizados fueron los siguientes:

- dientes del grupo posterior, molares y premolares, tanto de la arcada maxilar como de la mandibular;
- con la corona intacta, exceptuando las posibles lesiones cariosas;

la presencia o ausencia de caries no se consideró como criterio ya que el análisis que después se iba a efectuar necesitaba tanto de dientes sanos como cariados ya que se trataba de evaluar la capacidad diagnóstica de un sistema. Los criterios de exclusión fueron:

- fracturas dentarias,
- procesos consutivos, del tipo de atrición, erosión y abrasión que pudieran interferir en las imágenes que se obtuvieran de las áreas oclusal e interproximal de los dientes analizados;

- y, por el mismo motivo, dientes con alteraciones del desarrollo que hubieran provocado anomalías morfológicas y/o estructurales;

- dientes con un gran proceso destructivo carioso con invasión de la cámara o de los conductos pulpares y con grave alteración de la morfoestructura coronal del diente; en este último caso la selección se hizo visualmente en unos casos y radiográficamente en otros.

#### 4.3.1.1.- Limpieza de los dientes.

Antes de proceder a la preparación de los dientes para el diagnóstico de la patología cariosa existente en ellos fueron limpiados de restos de sarro y placa mediante un aparato de ultrasonidos con puntas romas y anchas, con el fin de no alterar el tamaño superficial de las posibles zonas cavitadas. Después de ello se les pasó una taza de goma blanda con pasta abrasiva.

#### 4.3.1.2.- Montaje de los dientes.

Como se ha mencionado ya, los dientes fueron estudiados en grupos de 8. Esto se llevó cabo de la siguiente manera. El ánimo de este estudio fue reproducir al máximo las condiciones orales reales en las que se realiza cotidianamente el diagnóstico de las lesiones cariosas dentales; uno de los recursos empleados fue el organizar

---

los dientes tal y como se disponen habitualmente en la boca, así se hicieron grupos de 8 dientes, 4 maxilares (dos premolares y dos molares) y 4 mandibulares (2 premolares y dos molares también); los dientes se insertaron en bloques de escayola, dos para cada grupo de 8 (uno para los dientes maxilares y otro para los mandibulares), y en ellos se dispusieron los dos premolares junto a los dos molares. Los dos grupos formados, de 4 elementos cada uno fueron zocalados y articulados de forma que fueran reproducidas las relaciones anatómicas de los dientes, tanto de vecindad como con sus antagonistas. Los dientes una vez articulados debían de mantenerse estables sobre cualquier soporte con el plano oclusal paralelo al suelo y el eje ápico-oclusal perpendicular a dicho plano.

La articulación de los dos bloques de dientes se consiguió gracias a unos mini-articuladores de plástico (Vertex™ 33/35), los cuales fueron requieren de unos zocaladores específicos para permitir la unión de los bloques de escayola con las ramas del articulador (LQ)<sup>21</sup>. Éste posee un sistema de unión entre las dos ramas en forma pseudo-diartrósica, configurado como una esfera que se mueve dentro de un receptáculo adaptado pertinentemente (fig. 15). Este procedimiento articulador permitió relacionar los dientes óptimamente, y cerra y abrir la mordida para poder introducir entre

---

<sup>21</sup> KV 33 Corp. EE. UU.

los dientes el paralelizador usado para la obtención de las radiografías del tipo "aleta de mordida".

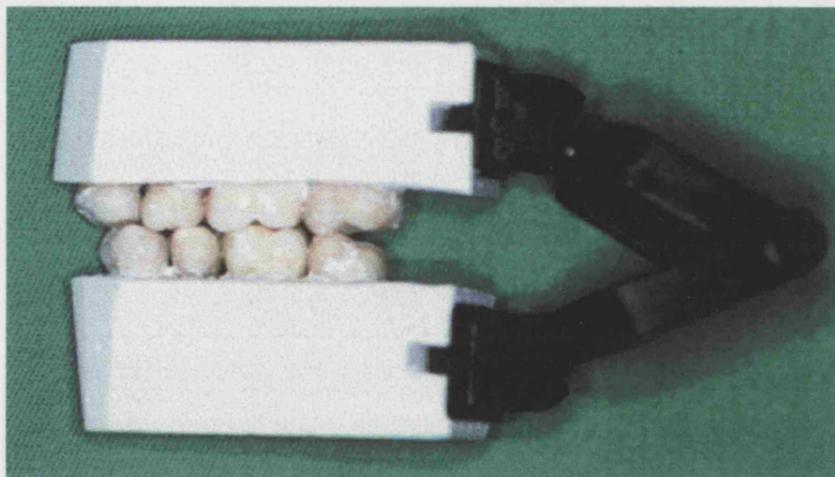


Fig. 15: Modelo articulado con dientes naturales.

#### 4.3.2.- Inspección visual. Criterios.

La inspección visual proporciona unos datos limitados: modificaciones en cuanto al color y translucidez, defectos o irregularidades y cavitaciones a partir de un cierto tamaño [Forner, 1996]. Para obtener la mejor información se observaron los dientes secos y con iluminación natural no directa. Los criterios utilizados para establecer los diferentes gradientes de lesión macroscópica fueron los siguientes [Ekstrand et al, 1997]:

- grado 0, diente sano (fig. 16);
- grado 1, mancha blanca o marrón (fig. 17);
- grado 2, pequeño defecto del esmalte con o sin opacidad subyacente (fig. 18);
- grado 3, pequeña cavidad en el esmalte con o sin opacidad en la dentina subyacente (fig. 19);
- grado 4, cavidad mediana o grande (fig. 20).



Fig. 16: Lesión de caries de grado 0.



Fig. 17: Lesión de caries de grado 1.



Fig. 18: Lesión de caries de grado 2.



Fig. 19: Lesión de caries de grado 3.



Fig. 20: Lesión de caries de grado 4.

#### 4.3.3.- Exploración táctil.

Junto a la inspección visual se incluyó una exploración táctil, utilizando para ello un explorador de punta fina (sonda 17/23<sup>22</sup>).

La retención de la sonda al ser pasada sobre las superficies dentarias exploradas bajo un apequeña presión fue el criterio utilizado para determinar la presencia o no de caries, sin establecer ninguna gradación o nivel en la lesión en el caso de que ésta fuera diagnosticada.

La exploración con sonda fue realizada tras las exploraciones radiológicas para evitar que la producción de lesiones yatrogénicas con su uso pudieran modificar el aspecto de las imágenes obtenidas radiológicamente.

#### 4.3.4.- Exploración radiológica convencional.

##### 4.3.4.1.- Procedimiento.

Para realizar la exploración radiográfica se dispusieron los diversos grupos de dientes montados en sus mini-articuladores ocluyendo entre sí los dientes maxilares sobre los mandibulares y sujetando entre ellos el paralelizador que sujetaba la película radiográfica.

---

<sup>22</sup> HU-Friedy. EE. UU.

---

Ésta se colocó de forma que el punto marcador estuviera orientado hacia el ángulo correspondiente a los molares mandibulares, con el fin de sistematizar la exploración y reducir el riesgo de errores. El tubo de rayos X se orientó de acuerdo a la posición del paralelizador, de forma que quedara perpendicular a la película. La distancia entre ésta y aquél se intentó que fuera similar a la que hay en las exploraciones radiográficas intraorales habituales; para ello se utilizó como referencia uno de los salientes del paralelizador, que quedaba en contacto con el tubo de rayos X. Entre dicho saliente y los dientes se colocó el material equivalente de tejidos blandos. En definitiva, el orden de colocación de los diversos objetos que intervinieron en esta exploración fue la siguiente: película (sujeta por el paralelizador) - dientes - simulador de tejidos blandos - saliente del paralelizador - tubo de rayos X.

El tiempo de exposición fue de 0'4 s.

La exploración se efectuó con otra persona como ayudante con el objeto de hacerla mediante un mecanismo de doble ciego. Los modelos dentarios articulados fueron numerados en su parte inferior, de manera que durante la exploración no se pudiera identificar cuál era, y fueron suministrados al explorador de manera aleatoria. Las radiografías se tomaron de sus cajas al azar y se numeraron de manera idéntica al modelo correspondiente. En la

---

misma exploración fueron radiografiaron los dos tipos de películas, por lo tanto cada modelo fue radiografiado dos veces pero no necesariamente seguidas ya que el proceso de selección de modelos y películas fue aleatorio.

#### 4.3.4.2.- Criterios diagnósticos.

Los criterios para clasificar las lesiones cariosas observadas radiológicamente fueron los siguientes (Fig. 21) [Pitts, 1994]:

0 = Sano.

No hay radiolucidez ni restauración visible.

1 = Lesión de esmalte en la mitad exterior del mismo.

Zona de radiolucidez aumentada en la mitad externa del esmalte.

2 = Lesión de esmalte en la mitad interior del mismo.

Zona radiolúcida que ocupa todo el espesor del esmalte, pero sin llegar a alcanzar la unión amelo-dentinaria.

3 = Lesión que afecta a la región más externa de la dentina.

Zona de radiolucidez aumentada que abarca al esmalte, a la unión amelo-dentinaria y a la mitad externa de la dentina; se le añade el sufijo 0 cuando hay una superficie de esmalte solapada, siempre que la dentina muestre una radiolucidez evidente.

4 = lesión que afecta a la región interna de la dentina.

Zona de radiolucidez aumentada que penetra hasta la mitad interna de la dentina con o sin afectación aparente de la pulpa; se le añade el sufijo 0 cuando hay una superficie de esmalte solapada, siempre que la dentina muestre una radiolucidez evidente.

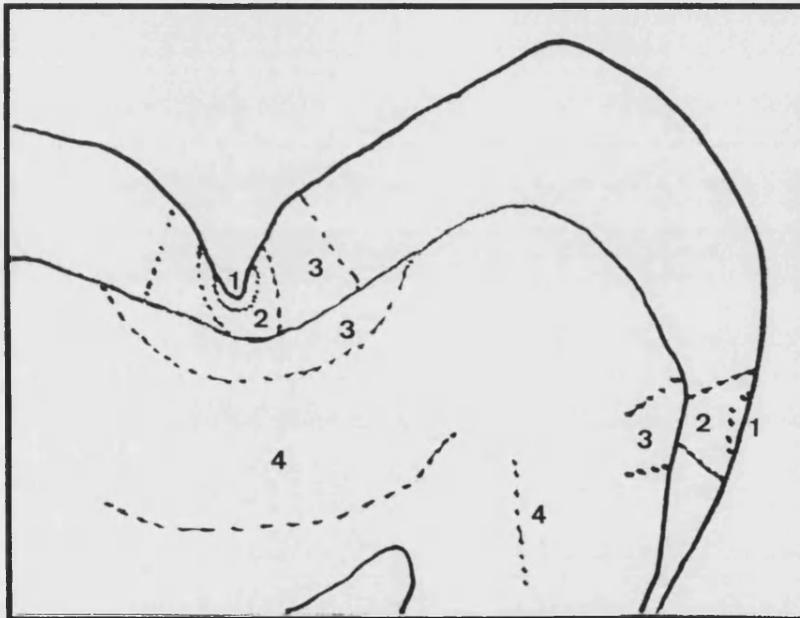


Fig. 21: Grados radiológicos de lesión cariosa oclusal y proximal.

#### 4.3.5.- Exploración radiológica digital.

##### 4.3.5.1.- Fases.

El tratamiento de las imágenes obtenidas por captación digital siguió los pasos siguientes:

- presentación en pantalla;
- ecualización;
- selección de las zonas interproximales u oclusales susceptibles de estar cariadas;
- ampliación de la imagen mediante la opción "zoom" del sistema;
- traspaso de la imagen seleccionada a un programa de diagnóstico de caries;
- selección de la porción significativa de la pantalla y exportación a un programa de manejo de imágenes (Adobe Photoshop), para su almacenamiento y presentación futura.

##### 4.3.5.2.- Criterios diagnósticos.

Fueron utilizados los mismos criterios ya descritos en el punto 4.3.4.2 para las exploraciones radiográficas convencionales.

#### 4.3.6.- Estudio anatomopatológico.

##### 4.3.6.1.- Sección de los dientes.

Una vez hubieron sido registrados los hallazgos radiológicos se procedió a la sección de los dientes para poder comprobar el substrato anatomo-patológico subyacente a las lesiones detectadas o no por los sistemas de diagnóstico por la imagen previamente descritos. Las lesiones anatomo-patológicas (o la ausencia de las mismas) fueron consideradas como el patrón con el que comparar el valor diagnóstico de ambos métodos radiológicos.

Los especímenes fueron seccionado en sentido mesio-distal a través de la mitad de la lesión proximal cuando ésta era visible, cuando no lo era se fueron desgastando los dientes hasta llegar a la zona en la que era previsible la existencia de una lesión (cruce de ecuadores coronales en las caras proximales y fondo de fosas o fisuras en las caras oclusales). Cuando no fue encontrada una lesión el diente fue acabado de desgastar para contrastar la información de ausencia de lesión.

#### 4.3.6.2.- Observación.

Las superficies de corte (de desgaste de los dientes) fueron observadas mediante un microscopio de reflexión (cf. punto 2.6) a 32 aumentos mediante iluminación artificial bifocal.

#### 4.3.6.3.- Criterios diagnósticos.

Los criterios utilizados y la clasificación de las lesiones son las que siguen (Russell y Pitts, 1993):

0:

No hay evidencia de caries (fig. 22).

1:

Hay lesión (o lesiones) cariosa(s) en la mitad externa del esmalte únicamente (fig. 23).

2:

Hay lesión (o lesiones) cariosa(s) en la mitad interna del esmalte, pero no en dentina; se incluye el límite amelo-dentinario (fig. 24).

3:

Se ve(n) lesión(es) cariosa(s) en la mitad externa de la dentina y a través del esmalte (fig. 25).

**4:**

**Se ve(n) lesión(es) cariosa(s) a través del esmalte y hasta la mitad interna de la dentina (fig. 26).**



Fig. 22: Sección dentaria sin caries. Lesión de grado 0.



Fig. 23: Sección dentaria que muestra una lesión de caries de grado 1.

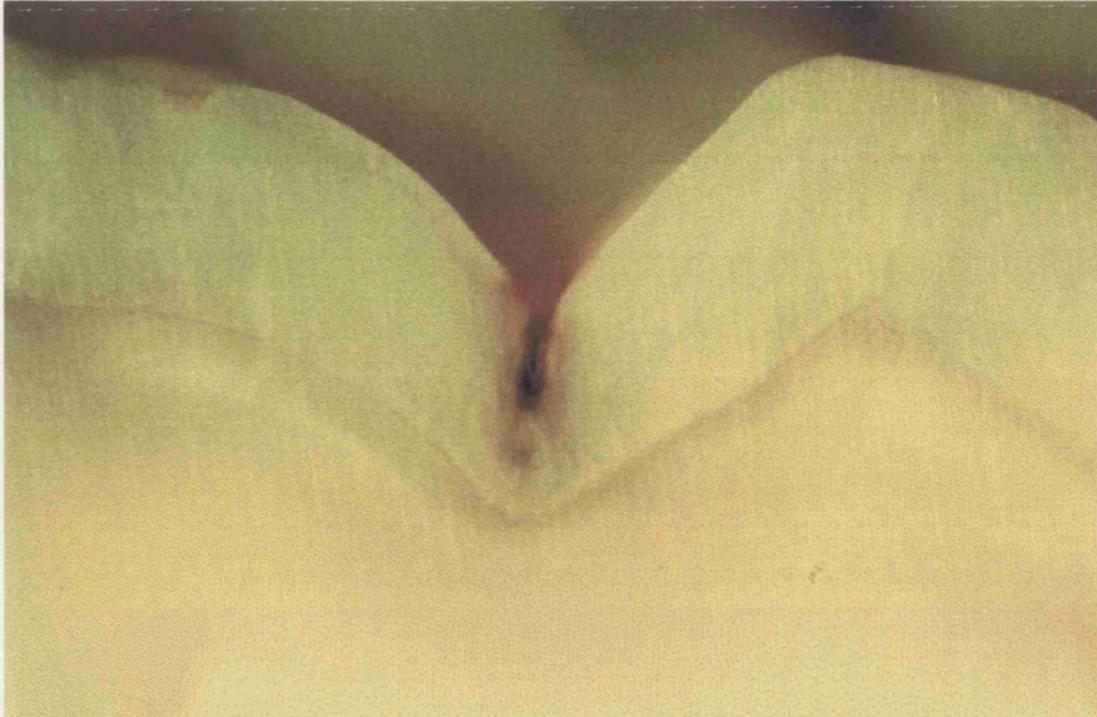


Fig. 24: Sección dentaria que muestra una lesión de caries de grado 2.



Fig. 25: Sección dentaria que muestra una lesión de caries de grado 3.

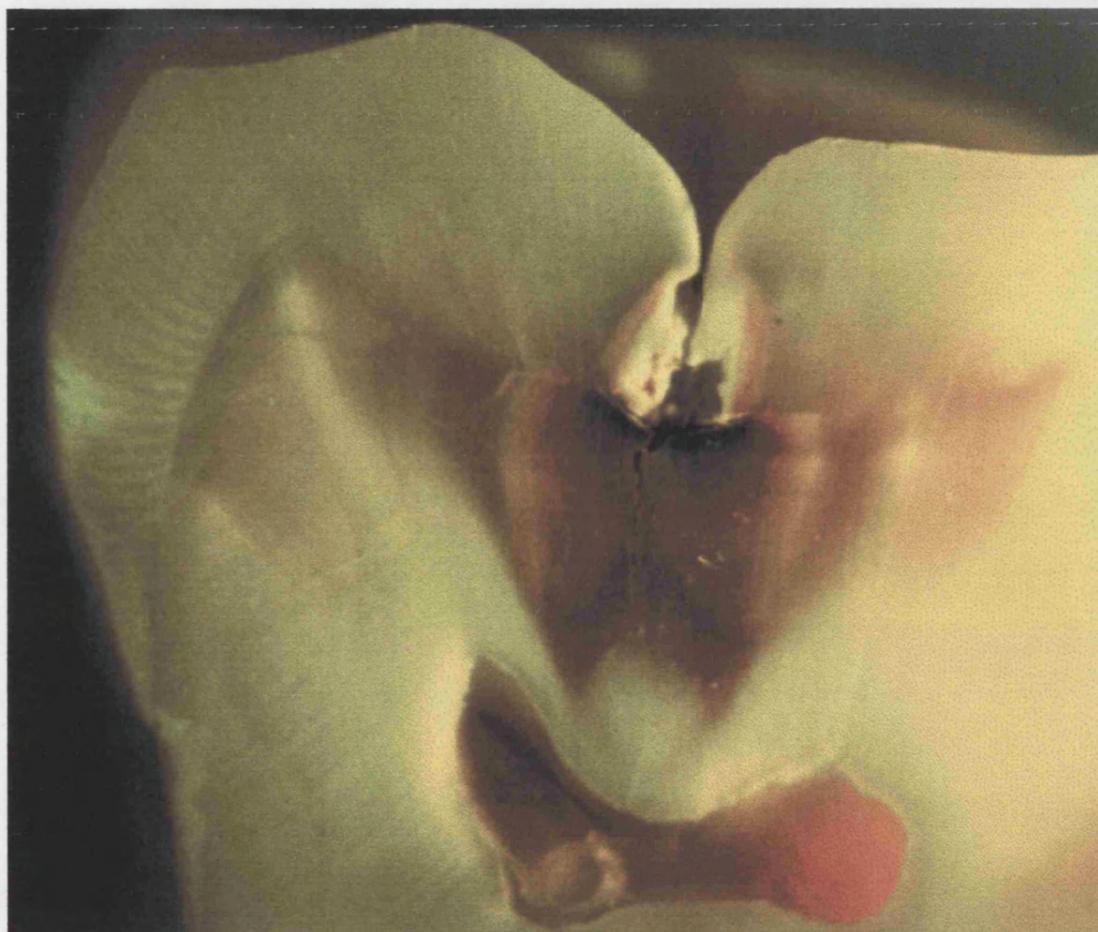


Fig. 26: Sección dentaria que muestra una lesión de caries de grado 4.

#### 4.4.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.

El análisis de los resultados fue el correspondiente a la evaluación de cualquier prueba diagnóstica, lo cual incluyó, en primer lugar, una determinación de la fiabilidad o del grado de error del examinador, y, en segundo lugar, la obtención de la especificidad y sensibilidad de cada una de las pruebas diagnósticas para que pudieran ser comparadas entre sí y con los resultados proporcionados por otros autores.

##### 4.4.1.- Determinación del grado de acuerdo intraobservador.

Aunque se establecieron criterios diagnósticos bien definidos y ya contrastados por otros autores y se fijaron normas para el desarrollo de todo el procedimiento, se estableció un sistema de verificación del nivel diagnóstico del observador durante el desarrollo de las diversas actividades diagnósticas. Para ello se llevaron a cabo las siguientes determinaciones [Cortés y Martínez, 1994] para establecer el grado de acuerdo intraobservador.

##### 4.4.1.1.- Procedimiento preliminar.

Para cada una de las pruebas diagnósticas el observador repitió una observación al azar de cada diez. La observación repetida se realizó un día diferente al de la primera observación. Las

observaciones O1 y O2 (la primera y la repetida, ambas sobre la misma imagen) fueron confrontadas, anotándose los resultados de los diagnósticos (coincidentes o no) en una tabla de doble entrada como la que sigue:

		O 1		
		SANO	CARIADO	TOTAL
O 2	SANO	A	C	A+C
	CARIES	B	D	B+D
	TOTAL	A+B	C+D	A+B+C+D

en la que A correspondería al número de dientes (o su porcentaje) en los que ambas observaciones son coincidentes en que éstos estaban sanos, B al número de dientes considerados sanos en la primera observación y cariado en la segunda, C al número de dientes en los que la observación inicial indicó que estaban cariados y que en cambio fueron diagnosticados como sanos en la observación repetida, y D al número de dientes en los que ambas observaciones coinciden en que éstos estaban sanos [Nutall y Mc Paul, 1985].

A partir de los datos que proporciona esta tabla de comparación de las dos observaciones (realizados en este caso por un solo

observador) se pueden establecer los indicadores que se describen a continuación.

#### 4.4.1.2.- Porcentaje de acuerdo.

La combinación de los datos obtenidos por medio de una tabla con la descrita nos permite establecer o definir algunas situaciones:

- grado de acuerdo: es la suma de A + B;
- grado de discrepancia: corresponde a la suma de B + C;

y partiendo de estas definiciones se dice que el porcentaje de acuerdo (PA) es la relación existente entre el grado de acuerdo y el total; o lo que es lo mismo:

$$PA = \frac{\text{grado de acuerdo}}{\text{total}} = \frac{A+D}{A+B+C+D}$$

Así pues, el porcentaje de acuerdo es la relación entre el número de diagnósticos coincidentes y el total de dientes examinados.

#### 4.4.1.3.- Test kappa de Cohen [Cohen, 1960].

Corresponde a una relación que contempla también la probabilidad de acuerdo al azar, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$k = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

fórmula en la que  $P_o$  es la probabilidad de acuerdo real y  $P_e$  la probabilidad de acuerdo al azar, y según los datos que proporciona la tabla de doble entrada se puede desarrollar de la siguiente manera:

$$P_o = A + D$$

$$P_e = \frac{[(A+C) \times (A+B)] + [(B+D) \times (C+D)]}{(A+B+C+D)^2}$$

con lo que la fórmula del valor kappa quedaría así:

$$k = \frac{(A+D) - \frac{[(A+C) \times (A+B)] + [(B+D) \times (C+D)]}{(A+B+C+D)^2}}{1 - \frac{[(A+C) \times (A+B)] + [(B+D) \times (C+D)]}{(A+B+C+D)^2}}$$

Cuando el valor kappa se aproxima a 1 queda de manifiesta un grado de acuerdo que se acerca al máximo, mientras que un valor de 0 indicaría que los diagnóstico se han adjudicado aleatoriamente, es decir que no hay acuerdo entre las observaciones [Fleiss et al, 1979].

El valor kappa se puede clasificar en intervalos con las siguientes valoraciones [Landis y Koch, 1977]:

0'00-0'20	acuerdo casi nulo
0'21-0'40	acuerdo leve
0'41-0'60	acuerdo moderado
0'61-0'80	acuerdo razonable
0'81-0'99	acuerdo casi total

4.4.2.- Determinación de las propiedades de las pruebas diagnósticas.

4.4.2.1.- Situación inicial.

Cuando se analiza la capacidad de diagnóstico de una prueba o procedimiento dado se pretende conocer cuál es su capacidad para reflejar de una manera fidedigna quiénes son los elementos enfermos, es decir su capacidad para reflejar la realidad del estado salud/enfermedad. Pero, inmediatamente, se hace evidente la necesidad de utilizar un patrón bien dedefinido que será el que nos marque cuál es la "realidad" con la que compartir los resultados de las pruebas diagnósticas.

De esta forma, al comparar los resultados de una prueba con la "realidad", se nos configura una tabla de dos por dos, ya que por un

lado el patrón escogido nos dará dos alternativas: salud o enfermedad, y la prueba diagnóstica otras dos, salud o enfermedad, también. Y, del curce de las cuatros situaciones se generan cuatro escenarios distintos:

- verdaderos positivos (VP), o situaciones de enfermedad que así han sido demostrados por la prueba;
- verdaderos negativos (VN), o situaciones de salud identificadas como tales por el procedimiento diagnóstico empleado;
- falsos positivos (FP), cuando en una situación de salud la prueba señala la existencia de enfermedad;
- falsos negativos (FN), situaciones de enfermedad no reconocida por la prueba.

Del análisis de los resultados obtenidos de esta forma se pueden establecer una serie de relaciones entre ellos que nos permiten sacar conclusiones importantes. De las diversas alternativas de que se disponen describiremos a continuación las que hemos utilizado para el análisis de los datos en el presente estudio.

#### 4.4.2.2.- Pruebas para determinar la validez del procedimiento diagnóstico

Miden la capacidad de un procedimiento diagnóstico para cumplir la función que se le pide; requieren imprescindiblemente una

comparación con otro procedimiento fiable que es usado como patrón [Thylstrup y Fejerskov, 1988].

#### 4.4.2.2.1.- Sensibilidad

También se conoce como la fracción de verdaderos positivos. La fórmula para su obtención sería la siguiente.

$$P(V+/E+) = \frac{VP}{VP + FN} = FVP ;$$

donde E+ representa la prevalencia de la enfermedad y equivale a:

$$P(E+) = \frac{VP + FN}{VP + FN + FP + VN} .$$

#### 4.4.2.2.2.- Especificidad.

Es la que nos reconoce los casos en los que no hay enfermedad.

Se expresa de la siguiente forma:

$$P(V-/E-) = \frac{VN}{VN + FP} = FVN ;$$

fórmula en la que E- significa la prevalencia de "no enfermedad", según la siguiente definición:

$$P(E-) = \frac{FP + VN}{VP + FN + FP + VN} .$$

4.4.2.3.- Pruebas para determinar la seguridad del procedimiento diagnóstico.

Se trata de medir la capacidad del procedimiento diagnóstico para predecir la ausencia o la presencia de enfermedad [Tafalla-García y Conde, 1997]. Ambos valores dependen de la prevalencia de la enfermedad.

4.4.2.3.1.- Valor predictivo positivo

Es la probabilidad de tener enfermedad cuando el diagnóstico así lo manifiesta. Se expresa de la siguiente manera:

$$P+ = P(E+/V+) = \frac{VP}{VP + FP}$$

#### 4.4.2.3.2.- Valor predictivo negativo

En este caso representa la probabilidad de que, cuando el test diagnóstico ha proporcionado el dato de ausencia de enfermedad, en efecto no exista enfermedad. Equivale a:

$$P- = P(E-/V-) = \frac{VN}{FN + VN}$$

#### 4.4.3.- Razón de verosimilitud o cociente de probabilidad

Como indica su denominación, este parámetro establece una relación que indica cuántas veces es más probable la situación de que una prueba diagnóstica positiva se identifique con la presencia de la enfermedad frente a la ausencia de la misma. Su expresión es la que sigue:

VP

-----

VP + FN

-----

VN

1 - -----

VN + FP

**5**

# **RESULTADOS**

*Χαλεπα τα καλα*

*Dona Tartt. El secreto.*

## 5.1.- ESTUDIO PILOTO.

Aunque en el punto 4.1 ya se desarrollaron los diferentes aspectos del estudio piloto que se efectuó previamente, se hará mención a continuación a sus resultados básicos de forma más detallada.

Las densitometrías que se obtuvieron de los diferentes tejidos dentarios sanos fueron las siguientes (la cifra que se da es la media de los datos obtenidos y entre paréntesis la varianza):

### Esmalte:

- premolares: 7'62 (0'48)
- molares: 7'68 (0'27)
- total: 7'65 (0'38)

### Dentina:

- premolares: 5'46 (0'72)
- molares: 5'21 (0'59)
- total: 5'33 (0'66)

### Pulpa:

- premolares: 3'42 (1'51)
- molares: 3'88 (0'55)
- total: 3'65 (1'13)

En cuanto a los resultados referentes a las densitometrías de la lesión similar a la caries producida de manera artificial, son los siguientes:

**Lesión:**

- premolares: 4'07 (0'72)
- molares: 3'50 (0'64)
- total: 3'78 (0'73)

## 5.2.- DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ACUERDO INTRAOBSERVADOR.

### 5.2.1.- Porcentaje de acuerdo.

#### 5.2.1.1.- Radiología convencional.

- Radiografías "Agfa": 0'95.
- Radiografías "Kodak": 0'95.

#### 5.2.1.2.- Radiología digital.

- Presentación estándar: 0'89.
- Magnificación: 0'89.

### 5.2.1.3.- Programa de apoyo al diagnóstico de caries.

- En el esmalte: 0'82.
- En la dentina: 0'92.

### 5.2.1.4.- Histopatología.

- 0'84.

### 5.2.2.- Test kappa de Cohen.

#### 5.2.2.1.- Radiología convencional.

- Radiografías "Agfa": 0'98.
- Radiografías "Kodak": 0'98.

#### 5.2.2.2.- Radiología digital.

- Presentación estándar: 0'98.
- Magnificación: 0'98.

### 5.2.2.3.- Programa de apoyo al diagnóstico de caries.

- En el esmalte: 0'97.
- En la dentina: 0'97.

### 5.2.2.4.- Histopatología.

- 0'98.

Como se desprende del análisis de los datos proporcionados por ambos tests, la fiabilidad intra-observador es muy alta, lo cual hace más consistentes a los resultados que siguen.

## 5.3.- PROPIEDADES DE LAS DIFERENTES PRUEBAS DIAGNÓSTICAS ANALIZADAS.

En el punto 4.4.2.1 se explicó como del conjunto de datos proporcionados por las observaciones realizadas con las distintas pruebas diagnósticas, y tras su comparación con un patrón (en nuestro caso la histopatología del diente correspondiente a la observación), se obtenían una serie de valores, falsos positivos y negativos y verdaderos positivos y negativos. Con estos valores es posible efectuar una serie de análisis cuantitativos que configuran una información muy valiosa a la hora de marcar la validez de un procedimiento diagnóstico. Así se obtienen parámetros como la

sensibilidad, la especificidad. También, combinando los valores citados, se consiguen parámetros que indican la seguridad de una prueba diagnóstica, son los valores predictivos, negativo y positivo. Por último, se ha añadido la razón de verosimilitud o cociente de probabilidad.

A continuación se describen todas estas propiedades de las pruebas diagnósticas para los siguientes procedimientos: radiografía convencional y radiología digital y programa Logicon de apoyo al diagnóstico de caries. En todas ellas se darán los resultados divididos tal y como se produjeron las observaciones, es decir, los datos proporcionados por las superficies distales de los dientes, los producidos por las superficies mesiales, y los que se han obtenido observando las superficies oclusales; también se han calculado los resultados de las caras proximales en su conjunto.

### 5.3.1.- Radiografía convencional.

#### 5.3.1.1.- Radiografías "Agfa".

- Mesial:
  - Sensibilidad = 19%.
  - Especificidad = 93%.
  - Valor predictivo positivo = 57%.
  - Valor predictivo negativo = 70%.
  - Cociente de probabilidad = 2'71.

- Oclusal:
  - Sensibilidad = 2%.
  - Especificidad = 99%.
  - Valor predictivo positivo = 67%.
  - Valor predictivo negativo = 47%.
  - Cociente de probabilidad = 2.
  
- Distal:
  - Sensibilidad = 17%.
  - Especificidad = 89%.
  - Valor predictivo positivo = 38%.
  - Valor predictivo negativo = 74%.
  - Cociente de probabilidad = 1'55.
  
- Proximal:
  - Sensibilidad = 18%.
  - Especificidad = 91%.
  - Valor predictivo positivo = 47%.
  - Valor predictivo negativo = 72%.
  - Cociente de probabilidad = 2.

#### 5.3.1.2.- Radiografías "Kodak".

- Mesial:
  - Sensibilidad = 14%.
  - Especificidad = 98%.

- Valor predictivo positivo = 82%.
- Valor predictivo negativo = 70%.
- Cociente de probabilidad = 7.
- Oclusal:
  - Sensibilidad = 0%.
  - Especificidad = 96%.
  - Valor predictivo positivo = 0%.
  - Valor predictivo negativo = 0'01%.
  - Cociente de probabilidad = 0.
- Distal:
  - Sensibilidad = 19%.
  - Especificidad = 91%.
  - Valor predictivo positivo = 45%.
  - Valor predictivo negativo = 75%.
  - Cociente de probabilidad = 2'11.
- Proximal:
  - Sensibilidad = 16%.
  - Especificidad = 95%.
  - Valor predictivo positivo = 58%.
  - Valor predictivo negativo = 72%.
  - Cociente de probabilidad = 3'2.

### 5.3.2.- Radiología digital.

#### 5.3.2.1.- Presentación normal.

- Mesial:
  - Sensibilidad = 17%.
  - Especificidad = 85%.
  - Valor predictivo positivo = 37%.
  - Valor predictivo negativo = 68%.
  - Cociente de probabilidad = 1'13.
- Oclusal:
  - Sensibilidad = 4%.
  - Especificidad = 94%.
  - Valor predictivo positivo = 44%.
  - Valor predictivo negativo = 46%.
  - Cociente de probabilidad = 1'67.
- Distal:
  - Sensibilidad = 21%.
  - Especificidad = 81%.
  - Valor predictivo positivo = 29%.
  - Valor predictivo negativo = 73%.
  - Cociente de probabilidad = 1'53.
- Proximal:
  - Sensibilidad = 19%.
  - Especificidad = 83%.

- Valor predictivo positivo = 32%.
- Valor predictivo negativo = 70%.
- Cociente de probabilidad = 1'12.

#### 5.3.2.2.- Magnificación.

- Mesial:
  - Sensibilidad = 19%.
  - Especificidad = 79%.
  - Valor predictivo positivo = 31%.
  - Valor predictivo negativo = 67%.
  - Cociente de probabilidad = 0'9.
- Oclusal:
  - Sensibilidad = 3%.
  - Especificidad = 91%.
  - Valor predictivo positivo = 27%.
  - Valor predictivo negativo = 45%.
  - Cociente de probabilidad = 0'33.
- Distal:
  - Sensibilidad = 32%.
  - Especificidad = 71%.
  - Valor predictivo positivo = 3%.
  - Valor predictivo negativo = 73%.
  - Cociente de probabilidad = 1'10.

- Proximal:
  - Sensibilidad = 25%.
  - Especificidad = 75%.
  - Valor predictivo positivo = 30%.
  - Valor predictivo negativo = 70%.
  - Cociente de probabilidad = 1.

### 5.3.3.- Programa de apoyo al diagnóstico de caries "Logicon".

#### 5.3.3.1.- Diagnósticos de lesiones en el esmalte:

- Mesial:
  - Sensibilidad = 19%.
  - Especificidad = 78%.
  - Valor predictivo positivo = 30%.
  - Valor predictivo negativo = 66%.
  - Cociente de probabilidad = 0'86.
- Distal:
  - Sensibilidad = 21%.
  - Especificidad = 80%.
  - Valor predictivo positivo = 22%.
  - Valor predictivo negativo = 71%.
  - Cociente de probabilidad = 1'05.

- Proximal:
  - Sensibilidad = 20%.
  - Especificidad = 75%.
  - Valor predictivo positivo = 26%.
  - Valor predictivo negativo = 68%.
  - Cociente de probabilidad = 0'8.

#### 5.3.3.2.- Diagnósticos de lesiones en la dentina:

- Mesial:
  - Sensibilidad = 15%.
  - Especificidad = 84%.
  - Valor predictivo positivo = 16%.
  - Valor predictivo negativo = 82%.
  - Cociente de probabilidad = 0'94.
- Distal:
  - Sensibilidad = 31%.
  - Especificidad = 81%.
  - Valor predictivo positivo = 20%.
  - Valor predictivo negativo = 88%.
  - Cociente de probabilidad = 1'63.
- Proximal:
  - Sensibilidad = 22%.
  - Especificidad = 82%.
  - Valor predictivo positivo = 18%.

- Valor predictivo negativo = 84%.
- Cociente de probabilidad = 1'22.

Las tablas con los resultados obtenidos de las observaciones con las pruebas diagnósticas señaladas hasta aquí, y que han servido de base para el cálculo de los valores enumerados, se encuentran en el anexo que cierra este trabajo.

#### 5.4.- LA EXPLORACIÓN CLÍNICA.

##### 5.4.1.- La inspección visual:

- Sensibilidad = 0'64%.
- Especificidad = 0'79%.
- Valor predictivo positivo = 0'78%.
- Valor predictivo negativo = 0'65 %.
- Cociente de probabilidad = 3'05.

##### 5.4.2.- La exploración con sonda:

- Sensibilidad = 0'26%.
- Especificidad = 0'93%.
- Valor predictivo positivo = 0'82%.
- Valor predictivo negativo = 0'53%.
- Cociente de probabilidad = 3'71.

6

## DISCUSIÓN

النَّارِ  
الْآخِرَةَ وَيَرْجُوا رَحْمَةَ رَبِّهِ قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْمُونَ وَالَّذِينَ  
قُلْ يَعْبادِ الَّذِينَ

El Corán: sura 39, aia 9.

---

## 1.- SOBRE LA METODOLOGÍA.

Las lesiones similares a la caries, esto es, producidas artificialmente, cuando se comparan con lesiones naturales de caries de la misma profundidad son más fáciles de ser diagnosticadas [Kang et al, 1996a], pudiéndose establecer incluso, aunque de una manera grosera, una tabla de equivalencias para poder establecer las similitudes entre unas y otras con el fin de comparar adecuadamente los trabajos de investigación realizados con lesiones artificialmente constituidas. Por lo tanto, las conclusiones derivadas del uso experimental de este tipo de lesiones deben ser contempladas en sus propios condicionantes exclusivamente, ya que si el diseño no contempla la posibilidad de la extrapolación, no deben ser extraídas consecuencias clínicas totalmente acordes con la de tales estudios.

Los mismos autores [Kang et al, 1996a] compararon la capacidad de diferenciar caries naturales y lesiones mecánicas producidas artificialmente, similares a las de caries. Establecieron que, usando un sistema radiográfico mediante captación digital de imágenes (Computed Dental radiography –Shick Industries-), se diagnosticaba más fácilmente (74% vs 67%) las lesiones artificiales que las lesiones naturales de caries, y que éstas tendían a ser mejor diagnosticadas cuanto mayor era la profundidad de la lesión. En general, la utilización de este sistema digital discriminó menos entre

---

lesiones artificiales y lesiones reales de caries que cuando se emplearon películas radiográficas convencionales.

Digitalizando imágenes radiográficas y comparando este procedimiento con otros como la inspección visual, las radiografías convencionales y la xerorradiografía, se encuentra que la radiología digital detecta sobre el 70% de lesiones dentinarias profundas en contraste con el 45% de los otros métodos radiológicos, sin incrementar los falsos positivos en dientes sanos [Wenzel et al, 1991].

En la primera versión del RVG, los autores reconocían que la resolución obtenida era levemente inferior a la de una radiografía convencional, pero que gracias a la posibilidad de magnificar la imagen se podían obtener buenas imágenes diagnósticas. La posibilidad de mejorar el brillo y el contraste es otra mejora sobre la observación visual de una radiografía convencional [Mouyen et al, 1989].

La visualización de una radiografía se ve influenciada por multitud de factores físicos y técnicos [Groöngahl y Hollender, 1988] como son: los dependientes de la emisión de rayos X, en función de su kilovoltaje, miliamperaje, tiempo de exposición y factores geométricos como la distancia entre el foco y la película o la dirección (inclinación mesio-distal u ocluso-gingival) del tubo del

---

aparato generador de rayos; la cantidad de pérdida mineral que ha tenido lugar en el diente y su extensión no sólo en profundidad (hacia el complejo dentino-pulpar), sino también en los sentidos ocluso-cervical y vestibulo-lingual/palatino; el tipo de película radiográfica; las condiciones de procesamiento (revelado, fijado, conservación); y, las condiciones de observación, influidas a su vez por otros muchos aspectos, la capacidad visual del observador y su experiencia previa en la interpretación de imágenes radiográficas y más concretamente de imágenes radiográficas de caries de poco tamaño, la potencia y calidad del negatoscopio, la iluminación ambiental, el uso o de algún modo de magnificación (lupa, gafas de aumento, visor de diapositivas portátil, ...) o no. Todo esto significa que la, aparentemente sencilla, operación de “ver” una radiografía puede conducir a importantes errores diagnósticos en el caso de no controlar los mencionados factores que influyen en la observación. A este respecto, un reciente trabajo [Cederberg RA et al, 1988] muestra como, para el caso del diagnóstico de lesiones producidas artificialmente (como fue la situación de nuestro estudio piloto), la iluminación de fondo que rodea al observado no tiene efecto alguno sobre la capacidad diagnóstica de aquél; hay que tener presente que en el mencionado trabajo se manejaron imágenes procesadas digitalmente –Digora- y también por métodos convencionales –Ultraspeed y Ektaspeed Plus-; esto hace pensar que probablemente tampoco tenga este factor tanta influencia en la toma de decisiones

---

diagnósticas ante un investigador experimentado en situaciones reales de patología cariosa.

Un factor que se ha aducido como importante es el tamaño del punto focal del generador de rayos X, el cual es de gran interés, influyendo decisivamente en la capacidad de discriminar entre dos puntos muy próximos por parte del apartado de rayos X [Sprawls, 1977]; tanto es así que la Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial recomendó la revisión anual de los equipos radiológicos en este sentido como medida de control de calidad de las instalaciones [AAOMR, 1983]; pero este factor no es trascendente para el diagnóstico de caries [Platin et al, 1996], motivo por el cual este parámetro no ha sido considerado en nuestro estudio.

En nuestro caso hemos intentado hacerlo en aquellos factores en los que es más factible su control. Así, se ha utilizado un único emisor de rayos X, obviamente con unas características físico-mecánicas conocidas y estables, y se ha controlado la emisión en cuanto al tiempo, distancia focal y posición como se ha descrito en el apartado correspondiente a la metodología; las características de la placa y del captador digital tampoco han sufrido variación a lo largo del estudio y sus características ya citadas; para evitar una de las mayores fuentes de errores en la producción de imágenes radiográficas se ha utilizado en todo momento un procesador

automático para obtener condiciones similares en todas las películas radiográficas obtenidas, por su parte la obtención de imágenes digitales prescinde de estos pasos, aunque, debido a las posibilidades de modificar y mejorar la imagen, ésta ha sido ecualizada bajo unos parámetros constantes de manera que se obtuviera la mejor imagen posible bajo unos determinantes conocidos y normalizados; de la misma manera, la imagen obtenida por captación digital evita los problemas de visualización, pero en el caso de las radiografías, donde esto no ocurre se optó por efectuarla de una manera lo más uniforme y sencilla posible, es decir con un negatoscopio, que fue considerado como útil para estos fines, con la luz ambiental anulada (única forma de conseguir tener este factor controlado) y sin magnificación.

Hay otros factores difíciles de controlar, como es la propia percepción sensorial del observador. En este sentido, lo que se hizo fue a un único observador y determinar el error intraobservador.

La profundidad, extensión de la caries, e intensidad de desmineralización, son variables en cada caso y es lo que permite llevar a cabo un estudio diagnóstico de este tipo.

El tipo de película utilizado para la realización de las radiografías por la técnica convencional no es un factor que influya en los resultados finales, de ahí que no se haya empleado en el presente

---

trabajo películas diferentes, excepto en los grupos señalados. Esta aseveración fue confirmada recientemente determinando la exactitud diagnóstica de diversas películas de nueva introducción (Ektaspeed Plus –Kodak- y Agfa M2 Comfort –Agfa Gevaert N.V.-) frente a películas ya clásicas como las de Kodak Ultra-Speed y Ektaspeed [Hinze et al, 1996], apreciándose como las curvas operativas características de operador tenían un rango entre 0'764 (Kodak Ultra-Speed) y 0'800 (Kodak Ektaspeed) para caries oclusales y entre 0'550 (Kodak Ultra-Speed) y 0'550 (Kodak Ektaspeed Plus) para superficies proximales, con lo que se concluyó que no había diferencias estadísticamente significativas entre las películas analizadas.

Un factor que puede influir en los procedimientos diagnósticos basados en el tratamiento digital de la imagen está constituido por el tamaño de los pixels. Un estudio llevado a cabo al respecto [Schrouf et al, 1996] orientado hacia la pérdida de esmalte así lo sugiere, comparando imágenes de 59 y 200  $\mu\text{m}$ , aunque los propios autores señalan que se trata de un trabajo preliminar y que sus conclusiones no deben extenderse a los estudios sobre caries.

Se han descrito técnicas para mejorar la calidad de las pruebas diagnósticas, una de ellas es el "audit", se trata de un proceso cíclico de evaluación, mejora y re-evaluación [Russell y Helms, 1990] que además de su uso general en Medicina [Lembcke, 1956]

también ha sido usado en Estomatología [Forte y Richardson, 1990]; pero, en un reciente estudio sobre su influencia sobre el diagnóstico de caries oclusales con diversos observadores [Cayley y Holt, 1997] se ha comprobado como no aumentan los valores del test  $\kappa$  inter-examinador, aunque sí parece mejorar la capacidad intra-observador para la reproducción del diagnóstico, no obstante, los autores sugieren que debe ser más ampliamente estudiado y que el tiempo excesivo que consume el procedimiento es un inconveniente.

Los sistemas de radiología digital permiten la modificación y el análisis de las imágenes para intentar mejorar la capacidad diagnóstica de estos equipos; aunque esta posibilidad parece obvia, ciertos estudios experimentales han tratado de precisar cuál es el alcance real de esas facilidades técnicas. Mientras que las modificaciones en las funciones básicas de todos los sistemas de radiología digital no parece que aporten gran cosa sobre los datos que proporcionan las imágenes directas digitales [Kullendorf y Nilsson, 1996]; en cambio, la magnificación de la imagen inicial, función que también incorporan desde sus inicios los equipos digitales de radiología, sí que aumenta significativamente la exactitud diagnóstica de lesiones proximales de caries frente a las imágenes, también obtenidas mediante captación digital, sin aumentar [Svanaes et al, 1996].

## 6.2.- SOBRE LOS RESULTADOS.

La utilidad de las curvas ROC son útiles no sólo para poder clasificar mejor diferentes modelos diagnósticos, sino también para estudiar criterios de coste en las pruebas diagnósticas; así, si lo que se quiere es maximizar la proporción de situaciones correctas o lo que es lo mismo, la suma de la sensibilidad y la especificidad, entonces lo que se llama el “punto de corte” óptimo se situaría hacia las proximidades del ángulo superior izquierdo [Doménech, 1996].

En nuestro caso hemos preferido utilizar el cociente de probabilidad o razón de verosimilitud que también relaciona la sensibilidad con la especificidad [Jaesche et al, 1994b] ya que con sólo 4 puntos de corte (los valores que se adjudican a las diversas intensidades o grados de manifestación de la caries, ya sean radiológicos, clínicos o anatomopatológicos) creemos que las curvas son poco definidas.

Son pocos los trabajos publicados sobre las más recientes aportaciones diagnósticas en cuanto a radiología digital; señalaremos el de Russell y Pitts (1993) que compararon radiografías de aleta de mordida con RVG en modo básico estudiando superficies oclusales y proximales. Coinciden con nuestros resultados en lo que hace referencia a la especificidad y al valor predictivo positivo en superficies proximales, y da datos más

elevados de sensibilidad y de valor predictivo positivo en caries oclusales. Respecto a la sensibilidad la da como menor en caras proximales para la radiografía convencional e inferior a la nuestra para la RVG. Son de destacar los altos valores que da este autor para la sensibilidad en caras oclusales (12 para radiografías de aleta de mordida con película D-Speed y el mismo valor para las películas E-Speed, y 15 para la RVG básica) frente a los valores obtenidos en nuestro caso (2 para radiografías Agfa, 0 para las películas Kodak y 4 para la RVG en su formato básico).

Heaven et al. (1994), al utilizar el sistema ya descrito de diagnóstico por medio del apoyo de un programa informático (CariesFinder), sí ve diferencias significativas entre el procedimiento que muestran y el método radiográfico convencional con películas D-Speed. Este procedimiento diagnóstico es el más similar al utilizado en el presente trabajo (Logicon), de todas formas es difícil establecer comparaciones debido a las diferencias entre ambos sistemas y a la ausencia de publicaciones posteriores sobre el mencionado programa u otros.

De los resultados obtenidos se desprende que la radiología dental por captación digital usada para el diagnóstico de caries es perfectamente utilizable y que en cuanto a los programas informatizados de apoyo al diagnóstico es necesario continuar el proceso investigador.

# 7

## CONCLUSIONES

Lliure és el color de la veritat

*Colors  
Donovan*

Tras haber obtenido los resultados que se han descrito en el capítulo 5, y una vez analizados, cabe señalar las siguientes conclusiones, respondiendo así a los objetivos planteados:

1.- Las radiografías convencionales presentan una sensibilidad similar a las imágenes obtenidas mediante radiología por captación digital, excepto cuando se emplea la función de magnificación en estas últimas, situación que mejora la sensibilidad. Todo ello en superficies proximales. En las caras oclusales, aunque las diferencias son mínimas, las imágenes obtenidas digitalmente muestran mayor sensibilidad.

2.- La radiología digital muestra menor especificidad en cualquiera de las situaciones observadas en la apreciación de lesiones tanto proximales como oclusales.

3.- Los valores predictivos son superiores para las películas radiográficas convencionales. Lo mismo ocurre con los cocientes de probabilidad. En ambos casos para observaciones de caras proximales.

4.- Los cocientes de probabilidad son mayores en las películas radiográficas que en las imágenes digitales cuando se observan lesiones proximales.

5.- La exploración clínica simple, la inspección visual y la exploración con sonda, presenta una baja sensibilidad y una alta especificidad. Entre ambas técnicas, la inspección visual muestra un valor predictivo positivo menor mientras que su valor predictivo negativo es mayor, pudiéndose establecer unos cocientes de probabilidad similares.

En definitiva, podemos señalar que las pruebas para determinar la validez y la seguridad de los procedimientos diagnósticos configuran situaciones no muy distantes entre sí para la radiología convencional y la digital.

En cuanto al análisis efectuado del programa Logicon de apoyo al diagnóstico de caries, basado en la captación digital de las imágenes se puede decir que es útil para los fines que persigue, aunque no mejora la exactitud diagnóstica de los procedimientos clásicos (radiografías). Las imágenes de lesiones cariosas obtenidas sobre soporte de película radiográfica son, en nuestra opinión, las de elección para establecer el diagnóstico de caries.

# BIBLIOGRAFÍA

Hace frío en el scriptorium , me duele el pulgar. Dejo este texto, no sé para quién, este texto,  
que ya no sé de qué habla: stat rosa pristina nomine, nomina nuda tenemus.

*El nombre de la rosa.*

*Umberto Eco.*

Al-Khateeb S, Oliveby A, Josselin de Jon E de, Angmar-Mannson B: Laser fluorescence quantification of remineralisation in situ of incipient enamel lesions: influence of fluoride supplements. *Caries Res* 1997; 31: 132-140.

Almenar A, Forner L, Ubet V, Miñana R: Evaluation of a digital radiography to estimate working length. *J Endod* 1997; 23: 363-365.

Almerich JM: Lesión desmineralizada no cavitada. En: *Sociedad Española de Epidemiología y Salud Pública Oral: La lesión incipiente de caries. Criterios actuales de diagnóstico, prevención y tratamiento*. Valencia, Promolibro, p. 15-36.

American Academy of Dental Radiology: Recommendations for quality assurance in dental radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1983; 55: 421-426.

Ando M, Hall AF, Eckert GJ, Schemehorn BR, Analoui M, Stookey GJ: Relative ability of laser fluorescence techniques to quantitate early mineral loss in vitro. *Caries Res* 1997; 31: 125-131.

Argimón JM, Jiménez J: Sensibilidad y especificidad. En: *Métodos de investigación aplicados a la atención primaria de salud*. Barcelona, Doyma, 1991, pp.223-228.

Avery JK: Dentina; en: Bhaskar SN: Histología y Embriología Bucal de Orban. México, Editorial Prado S.A. de C.V., 1993, pp 106-138.

Bab I, Ziv V, Gazit D, Feuerstein O, Findler M, Barak S, Torpaz E, Sharav Y: Diagnosis of approximal caries in adult patients using ultrasonic surface waves. J Dent Res 1998; 77 (special issue, AADR abstracts): 255.

Barenie J, Leske G, Ripa LW: The use of fiber optics transillumination for the detection of proximal caries. Evaluation in a field situation. Oral Surg 1973; 36: 891-897.

Beaupere-Johanny L, Mouyen F: Radiovisiographie. Editions Technique. EMC 7, 1990, 22010 D80 1-6.

Becker WS, Nguyen TT, Douglas WH, DeLong R, Ko CC: Color measurements of in vivo white spot lesions. J Dent Res 1998; 77 (special issue, AADR abstracts): 223.

Beeching B: caries y enfermedad periodontal. En: Radiología Dental. Interpretación de imágenes. Barcelona, Doyma, 1983, pp. 31-42.

Benz C, Mouyen F: RadioVisioGraphie. Ein System zur filmlosen Anfertigung intraoraler Zahn-Ötgenaufnahmen. Dtsch Zahnärztl Z 1989; 44: 177-179.

Berástegui E, Pumarola J, Colell CM, Brau E, Canalda C: Densitométrie osseuse dans les lésions périapicales. Rev Fran Endod 1991; 10: 11-17.

Berry HM, Hoffmann A: A synchronized biplane videoradiographic system employing image manipulation for improved diagnosis and dose reduction. Oral Surg 1981; 52: 657-660.

Casas J, Salmerón P: Concepto de la patología general. En: Balcells A, et al.: Patología general. Vol. 1. Etiología y fisiopatología. 4ª Ed. Barcelona, Toray S.A., 1974, 3-8.

Cayley AS, Holt RD: The influence of Audit on the diagnosis of occlusal caries. Caries Res 1997; 31: 97-102.

Cederberg RA, Frederiksen NL, Benson BW, Shulman JD: Comparison of digital and film images using different background lighting conditions. J Dent Res 1998; 77 (special issue, AADR abstracts): 227.

Cohen J: A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas* 1960; 20: 37-46.

Corbett ME: The incidence of secondary dentine in carious teeth. *Br Dent J* 1963; 114: 142-147.

Cortés J, Martínez I: determinación del grado de acuerdo. En: *Métodos y aplicaciones de la calibración para investigación en Odontología*. Barcelona, Facultad de Odontología - Universidad de Barcelona, 1994, pp. 6-9.

Darling AI: Studies of the early lesion of enamel caries with transmitted light, polarized light and microradiography. *Br Dent J* 1956; 105: 119-135.

Davis WL: Dentina; en: *Histología y Embriología Bucal*. México, Interamericana/McGraw-Hill, 1986, pp 117-143.

Department of Clinical Epidemiology and Biostatistics. McMaster University Health Science Center: How to read clinical journals: II. To learn about a diagnostic test. *Can Med Assoc J* 1981; 124: 703-710.

De Soet JJ, Weerheijm KL, von Amerongen WE, de Graaff J: A comparison of the microbial flora in carious dentine of clinically

detectable and undetectable occlusal lesions. *Caries Res* 1995; 29: 46-49.

Doménech JM: Modelo de regresión logística; en: Modelo de regresión logística. Esplugues de Llobregat, Editorial Gráficas Signo, 1996, pp 5-44.

Duncan RC, Heaven T, Weems RA, Firestone AR, Geer DF, Patel JR: Using computers to diagnose and plan treatment of approximal caries detected in radiographs. *J Am Dent Assoc* 1995; 126: 873-882.

Dunn SM, Kantor ML: Digital radiology. Facts and fictions. *J Am Dent Assoc* 1993; 124: 39-47.

Duret F, Clunet B, Duret B: The Radio Viso Graphy (RVG): Where reality surpasses radiological fiction. A Hope that is becoming Reality. *J Dent Pract Adm* 1988; 5: 138-140.

Edwardsson S: Microorganismos asociados a la caries dental. En: Thylstrup A, Fejerskov O: *Caries*. Barcelona: Doyma, 1988, pp. 85-105.

Ekstrand KR, Ricketts DNJ, Kidd EAM: Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth on the

occlusal surface: an in vitro examination. *Caries res* 1977; 31: 224-231.

Espelid Y, Tveit AB, Fjelltveit A: Variations among dentists in radiographic detection of occlusal caries. *Caries Res* 1994; 28: 169-175.

Fagan TJ: Nomogram for Bayes's theorem (C). *N Engl J Med* 1975; 293: 257.

Ferreira Ag, Ando M, Lagerweij MD, Isaacs RL, Analoui M, Stookey GK. Light-induced fluorescence detection of occlusal caries: a pilot study. *J Dent Res* 1998; 77 (special issue, AADR abstracts): 211.

Fleiss JL, Fischman SL, Chilton NW, Park MH: Reliability of discrete measurements in caries trials. *Caries res* 1979; 13: 21-23.

Fletcher RH, Fletcher SW, Wagner EH: *Epidemiología Clínica*. Barcelona, Consulta, 1989, p.73.

Forner L. Tratamiento conservador de la lesión incipiente de caries. En: *Sociedad Española de Epidemiología y Salud Pública Oral: Mesa redonda sobre la lesión incipiente de caries; criterio actuales de prevención, diagnóstico y tratamiento*. Valencia, Promolibro, 1996, pp.65-95.

Forner L, Llena M<sup>a</sup>C, Pallarés A: Cariología. Actualización en métodos diagnósticos. Oris 1989; 39: 51-56.

Forner L, Llena M<sup>a</sup>C, Faus VJ: La RadioVisioGrafía en Endodoncia. Endod 1992; 10: 77-83.

Forte G, Richardson A: Patient compliance and medical audit in orthodontics. Br Dent J 1990; 169: 374-375.

Frayseé C, Hamel H, Jean A: Etude clinique de la carie. Encycl Méd Chir, Stomatologie II, 23010<sup>10</sup>, Paris, 1984, 9, pp. 1-12.

Furkart AJ, Dove SB, McDavid WD, Nummikoski P, Matteson S: Direct digital radiography for the detection of periodontal bone lesions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1992; 74: 652-660.

Gibbs SJ: Radiology. Closing a century, opening a millennium. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod 1996; 81: 603-606.

González J, Pérez S: Análisis estadístico con ordenador personal: paquete SPSS/PC para Windows. Valencia, Conselleria de Sanitat y Consum -Institut Valencià d'Estudis en Salut Pública-, 1996.

Grippe JO, Masi JV: Papel de los factores de ingeniería biodental (FIB) en la etiología de la caries radicular. *J Esthet Dent (Ed. Esp.)* 1991; 1: 34-40.

Groöndahl HJ: Exámenes diagnósticos. En: Thylstrup A, Fejerskov O: *Caries*. Barcelona, Doyma, 1988, 5-14.

Groöndahl HJ, Hollender L: Valor del examen radiológico en el diagnóstico de la caries. En: Thylstrup A, Fejerskov O: *Caries*. Barcelona, Doyma, 1988, 197-208.

Guisado BF: Estudio de las inmunoglobulinas salivales respecto a la caries dental en una población infantil. *Av Odontoestom* 1988; 4: 229-240.

Hanley JA, McNeil BJ: A method of comparing the areas under receiver operating characteristic curves derived from the same cases. *Radiology* 1983; 148: 839-843.

Heaven TJ, Firestone AR, Feagin FF: Computer-based image analysis of natural approximal caries on radiographic films. *J Dent Res* 1992; 71:(special issue): 846-849.

Heaven TJ, Weems RA, Firestone AR: The use of a computer-based image analysis program for the diagnosis of approximal caries from bitewing radiographs. *Caries Res* 1994; 28: 55-58.

Hernández I, García AM: La evaluación de pruebas diagnósticas en España. Una aproximación crítica. *Rev Salud Pub* 1993; 3: 243-262.

Hintze H, Christoffersen L, Wenzel A: In vitro comparison of Kodak Ultra-speed, Ektaspeed, and Ektaspeed Plus, and Agfa M2 Comfort dental x-ray films for the detection of caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod* 1996; 81: 240-244.

Hintze H, Wenzel A, Jones C: In vitro comparison of D- and E-speed fil radiography for the detection of enamel approximal and dentinal occlusal caries lesions. *Caries Res* 1994; 28: 363-367.

Horner K, Shearer AC, Walker A, Wilson NHF: Radiovisiography: An initial evaluation. *Br Dent J* 1990; 168: 244-248.

Huysman MCDnjm, Longbottom C, Pitts NB, Los P, Bruce PG: Classification of approximal carious lesion extent by electrical impedance spectroscopy. Abstracts of the 41st ORCA Congress. *Caries Res* 1994; 28: 304-305.

Image Station Diagnostic Software. Logicon Caries Detector. Trophy de Logicon, Inc. Trophy Radiology, Inc., Marietta, USA. Octubre, 1997.

Imburgia G, Leone A, Maneschi M, Torta F: La RVG nella pratica odontoiatrica. *Attual Dent* 1990; 25: 40-45.

Jablonski S (a): Diccionario ilustrado de odontología. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 1992, p 211.

Jablonski S (b): Diccionario ilustrado de odontología. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 1992, p 517.

Jaeschke R, Guyatt GH, Sackett DL (Evidence-Based Medicine Wprking Group): Users' guides to the medical literature, III: how to use an article about a diagnosis test, A: are the results of the study valid? *JAMA* 1994; 271: 389-391.

Jaeschke R, Guyatt GH, Sackett DL (Evidence-Based Medicine Wprking Group): Guías para usuarios de la literatura médica. III. Cómo utilizar un artículo sobre un examen diagnóstico. B. ¿Cuáles son los resultados? ¿Me ayudarán en la asistencia a mis pacientes? *JAMA* (ed. esp.) 1994; 271: 389-391.

Josselin D, Sundström F, Westerling H, Tranaeus S, Ten Bosch JJ, Angmar-Mansson B: A new method for *in vivo* quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res* 1995; 29: 2-7.

Kang B-C, Farman AG, Scarfe WC, Goldsmith LJ: Mechanical defects in dental enamel vs. natural dental caries: observer differentiation using Ektaspeed Plus film. *Caries Res* 1996; 30: 156-162.

Kang B-C, Farman AG, Scarfe WC, Goldsmith LJ: Observer differentiation of proximal enamel mechanical defects versus natural proximal dental caries with computed dental radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod* 1996; 82: 459-465.

Kaquelier JC, Décombas M, Le May O: Le complexe odontoblasto-dentinaire; dans: Structures bucco-dentaires en microscopie électronique a balayage. Paris, Masson, 1989, pp 39-76.

Kashima Y, Kanno M, Higashi T, Takano M: Computed panoramic tomography with scanning laser-stimulated luminescence. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985; 60: 448-453.

Kashima Y, Sakurai T, Matsuki T, Nakamura K, Aoki H, Isii M: Intraoral computed radiography imagin plate: correlation between

image quality and reading condition. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994; 78: 239-246.

Keyes PH: The infectious and transmissible nature of experimental dental caries. Findings and implications. *Arch Oral Biol* 1960; 1: 304-320.

Krasse B, Emilson C-G, Gahnberg L: An anticaries vaccine: report on the status of research. *Caries Res* 1987; 21: 255-276.

Kullendorf B, Nilsson M, Rohlin M: Diagnostic accuracy of direct digital dental radiography for the detection of periapical bone lesions. Overall comparison between conventional and direct digital radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod* 1996; 82: 344-350.

Kullendorf B, Nilsson M: Diagnostic accuracy of direct digital dental radiography for the detection of periapical bone lesions. II. Effects on diagnostic accuracy after application of image processing. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod* 1996; 82: 585-589.

Landis JR, Koch GG: The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977; 33: 159-174.

Langland OE, Langlais RP: Radiologic diagnosis of caries. In: Principles of dental imaging. Baltimore, Williams & Wilkins, 1997, pp. 395-412.

Last JM: A dictionary of epidemiology, ed. 2. Oxford, Oxford University Press, 1988, p. 136.

Lembcke PA: Medical audit by scientific methods. JAMA 1956; 162: 646-655.

Lester KL: Non-invasive management of dental caries. In: Elderton RJ: Evolution in dental care. Bristol, Clinical Press, 1990, p. 32-22.

Llamas R, Jiménez A, Sánchez M, Sánchez R: Los seis factores actuales en la etiopatogenia de la caries. Rev Eur Odontoestom 1994; 6: 221-224.

Longbottom C, Colles J: In vitro investigation employing an infrared laser and infrared camera for caries diagnosis. Abstracts of the 41st ORCA Congress. Caries Res 1994; 28: 194.

López P: La saliva: implicaciones en la salud oral. Impresiones 1995; 1:28-35.

Lussi A: Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res* 1993; 27: 409-416.

Majjio JJ, et al: A model for dentinal caries progression by digital subtraction radiography. *J Prosthet Dent* 1990; 64: 727-732.

Mäkinen KK, Mäkinen PL, Pape HR, Allen P, Bennett CA, Isokangas PJ, Isotupa KP: Stabilisation of rampant caries: polyol gumsand arrest of dentine caries in two long-term cohort studies in young subjects. *Int Dent J* 1995; 45: 93-107.

Mandel ID: The role of saliva in maintaining oral homeostasis. *J Am Dent Assoc* 1989; 120:298-304.

Marianella C: Placa dental y microbiología de la caries dental. En: Tomás R: *Cariología. Prevención, diagnóstico y tratamiento contemporáneo de la caries dental*. Caracas: Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, C.A., 1997, pp. 35-56.

Maurier O: *RVG RadioVisioGrafía*. Documento de información de Trophy Radiologie. 1991. 47 pp.

Miller J, Hobson P: The relationship between malocclusion, oral cleanliness, gingival conditions and dental caries in school children. *Br Dent J* 1961; 11: 43-52.

Mjör IA: La dentina y la pulpa dentaria; en Mjör IA, Pindborg JJ: Histología del diente humano. Barcelona, Editorial Labor S.A., 1974, pp 39-71.

Morhart R, Cowman R, Fitzgerald R: Determinantes ecológicos de la microbiota oral. En: Menaker L: Bases biológicas de la caries dental. Barcelona: Salvat Editores S.A., 1986, pp. 295-314.

Moss SJ: The fluoride story. In: Growing up cavity free. Chicago, Quintessence Publishing Co, Inc, 1993, p. 97-108.

Mouyen F, Benz C, Sonnabend E, Lodter JP: Presentation and physical evaluation of RadioVisioGraphy. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1989; 68: 238-242.

Nair RT, Brooks SL: Computed dental radiography vs film for detection of recurrent caries. J Dent Res 1998; 77 (special issue, AADR abstracts): 222.

Newbrun E: Conceptos actuales de la etiología de la caries; en: Cariología. México, Editorial Limusa, 1984, pp 40-78.

Newbrun E: Histopatología de la caries dental; en: Cariología. México, Editorial Limusa, 1984, pp 271-295.

Negucioiu M: Modificari in structura tesuturilor afectate de carie; in: Caria dentaria profunda. Cluj-Napoca, Editura Dacia, 1983, pp 38-54.

Nutall NM, Mc Paul JW: The analysis of inter-dentist agreement in caries prevalence studies. Com Dent Health 1985; 2: 123-128.

Pasler FA: Radiografía de aleta de mordida. En: Radiología Odontológica. 2ª ed, Barcelona, Masson-Salvat Odontología, 1991, pp. 132-135.

Pass B, Furkart AJ, Dove SB, McDavid WD, Gregson PH: 6-Bit and 8-bit digital radiography for detecting simulated periodontal lesions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1994; 77: 406-411.

Pettersson LG: Fluoride mouthrinses and fluoride varnishes. Caries Res 1993; 27(suppl): 35-42.

Pindborg JJ: New formation of dental hard tissues, in: Pathology of the dental hard tissues. Copenhagen, Munksgaard, 1970, pp 345-361.

Pitts NB: Film holding, beam-aiming and collimating devices as an aid to standardization in intra-oral radiography: A review. J Dent 1984; 12: 36-

Pitts NB: Systems for grading approximal carious lesions and overlaps diagnosed from bitewing radiographs: Proposal for future standardization. Community Dent Oral Epidemiol 1984; 12: 114-

Platin E, Mauriello S, Ludlow JB: Effects of focal spot size on caries diagnosis with D and E speed images. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod 1996; 81: 235-239.

Poole DFG, Silverstone LM: Observations with the scanning electron microscope on trauma-induced micro-cavities in human enamel. Arch Oral Biol 1969; 14: 1323-1329.

Pozo F: La eficacia de las pruebas diagnósticas (y II). Med Clin 1988; 91: 177-183.

Preece JW: A synchronized biplane video radiographic system employing image manipulation for improved diagnosis and dose reduction. Oral Surg 1981; 52: 657-660.

Rasmus TF: Caries, enfermedad periodontal y cambios periapicales. En: Miles DA, Dis ML van: Método clínico para el

diagnóstico radiológico. Clínicas Odontológicas de Norteamérica. México, Interamericana/McGraw-Hill, 1994, pp. 13-30.

Redondo FL: La lógica en la interpretación de las pruebas diagnósticas. Madrid, Editorial Garsi, 1989.

Ricketts DNJ, Kidd EAM, Wilson RF: The effect of airflow on site-specific electrical conductance measurements used in the diagnosis of pit and fissure caries in vitro. *Caries Res* 1997; 31: 111-118.

Ricketts DNJ, Kidd EAM, Wilson RF: The electronic diagnosis of caries in pits and fissures: site-specific stable conductance readings or cumulative resistance readings? *Caries Res* 1997; 31: 119-124.

Robinson C, Weatherell JA, Kirkham J: The chemistry of dental caries; in Robinson C, Kirkham J, Shore R (de): Dental enamel. Formation to destruction. Boca Raton, CRC Press, 1995, pp 223-243.

Rock WP, Kidd EAM: The electronic detection of demineralisation in occlusal fissures. *Br Dent J* 1988; 164: 243-247.

Ros Russell RI, Helms PJ: Audit - where do we go from here? Arch Dis Child 1990; 65: 1107-1108.

Rudolph MP, Gorter Y, Loveren C van, Amerongen JP van: Validity of radiographs for diagnosis of secondary caries in teeth with class II amalgam restorations in vitro. Caries Res 1997; 31: 24-29.

Russell M, Pitts NB: Occlusal caries diagnosis: radiovisiography vs bitewing radiography. Caries Res 1991; 25: 217.

Russell M, Pitts NB: Radiovisiographic diagnosis of dental caries: initial comparison of basic mode videoprints with bitewing radiography. Caries Res 1993; 27: 65-70.

Saenz de la Calzada I: Exploración de los dientes. En: Exploración clínica en Estomatología. Madrid, Editorial Paz Montalvo, 1951, 73-122.

Sanderink GCH: Imaging: new versus traditional technological aids. Int Dent J 1993; 43: 335-342.

Sanderink GCH, Huiskens R: RadioVisioGraphy for caries detection: an in vitro comparison with conventional radiography. J Dent Res 1992; 71: 705.

Sanderink GCH, Huiskens R, Stelt PF van der, Welander US, Stheeman SE: Image quality of direct digital intraoral x-ray sensors in assessing root canal length: the RadioVisioGraphy, Visualix/VIXA, Sens-A-Ray, and Flash Dent systems compared with Ektaspeed films. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994; 78: 125-132.

Schneiderman A, Elbaum M, Scultz T, Keem S, Geenebaum M, Driller J: Assessment of dental caries with digital imaging fiber-optic transillumination (DIFOTITM): in vitro study. *Caries Res* 1997; 31: 103-110.

Sending dental x-rays by telegraph: *Dent Radiogr Photogr* 1929; 2: 16.

Seki K, Okano T: Exposure reduction in cephalography with a digital photostimulable phosphor imaging system. *Dentomaxillofac Radiol* 1993; 22: 127-130.

Shearer AC, Horner K, Wilson NHF: Radiovisiography for imaging root canals: an in vitro comparison with conventional radiography. *Quint Int* 1990; 21: 789-794.

Shearer AC, Horner K, Wilson NHF: Radiovisiography for length estimation in root canal treatment. *Int Endod J* 1991; 24: 233-239.

Shrout MK, Russell CM, Potter BJ, Hildebolt CF: Spatial resolution in radiometric analysis of enamel loss. A pilot study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod 1996; 81: 245-250.

Siegel S, Castella NJ: Non parametric statistics for behavioral sciences, ed. 2. New York, McGraw-Hill, 1988.

Silverstone LM: The primary translucent zone of enamel caries and of artificial caries-like lesions. Br Dent J 1966; 120: 461-471.

Silverstone LM, Johson NW, Hardie JM, Williams RAD: Naturaleza y problemas de la caries dental en el hombre. En: Caries dental. Etiología, patología y prevención. México D.F., Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V., 1985, 1-14.

Silverstone LM, Johson NW, Hardie JM, Williams RAD: Microbiología de la caries dental. En: Caries dental. Etiología, patología y prevención. México D.F., Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V., 1985, 43-62.

Silverstone LM, Johson NW, Hardie JM, Williams RAD: La caries del esmalte. En: Caries dental. Etiología, patología y prevención. México D.F., Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V., 1985, 120-146.

Sonoda M, Takano M, Miyahara J, kato H: Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence. *Radiology* 1983; 148: 833-838.

Sprawls P: The physical principles of diagnostic radiology. Baltimore, University Park Press, 1977, pp 196-200.

Stelt PF van der: Interpretación auxiliada por computadora en el diagnóstico radiográfico. En: Miles DA, Dis ML van: Avances en imageneología. Clínicas Odontológicas de Norteamérica. México, Interamericana/McGraw-Hill, 1993, pp. 695-708.

Stutz FA, Hefti AF, Gibbs CH: Light source-induced error in computer assisted image analysis with a video-based system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod* 1996; 81: 491-497.

Svanaes DB, M(ystad A, Risnes S, Larheim TA, Gröndahl H-G: Intraoral storage phosphor radiography for approximal caries detection and effect of image magnification. Comparison with conventional radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod* 1996; 82. 94-100.

Swets JA, Dickett RM: Evaluation of diagnostic systems. Methods from Signal Detection Theory. New York, Academic Press, 1982.

Tafalla-García M, Conde JL: Evaluación epidemiológica de tecnologías de salud. RCOE 1997; 4: 253-336.

Tanzer JM: Xylitol cewing gum and dental caries. Int Dent J 1995; 45: 65-76.

Ten Cate JM: Laboratory de- and remineralization models. In: Bowen WH: Relative efficacy of sodium fluoride and sodium monofluorophosphate as anti-caries agents in dentifrices. London, The Royal Society of Medicine Press Limited, 1995, p. 25-32.

Thylstrup A, Fejerskov O: Cariología. Introducción. Barcelona, Ediciones Doyma, S.A., 1988, 1-4.

Ubet V, Almenar A, Forner L, Miñana R: Procesos de digitalización de imágenes en Radiología Odontológica. Comunicación presentada en el XV Congreso de la Asociación Española de Endodoncia. Santiago de Compostela. 1994.

Ubet V, Almenar A, Forner L, Miñana R: Comparación de imágenes digitales obtenidas por escáner de transparencias y captosres digitales. Comunicación presentada en el XV Congreso de la Asociación Española de Endodoncia. Santiago de Compostela. 1994.

Uribe J, Fonseca MM: Los microdefectos del esmalte y su relación con la caries dental. *Rev Act Estomatol Esp* 1987; 363: 57-66.

Vaarkamp J, Bosch JJ ten, Verdonschot EH, Huymans MCDNJM: Wavelength-dependent fiber-optic transillumination of small approximal caries lesions: the use of a dye, and a comparison to bitewing radiography. *Caries Res* 1997; 31: 232-237.

Velders XL, Sanderink GCH, Stelt PF van der: Dose reduction of two digital sensor systems measuring file lengths. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod* 1996; 81: 607-612.

Verrier J, Waite Y, Linney A, Galgut P: A microcomputer system for the analysis of dental radiographs. *Br Dent J* 1989; 167: 135-139.

Welander U, McDavid WD, Higgins NM, Morris CR: The effect of viewing conditions on the perceptibility of radiographic details. *Oral Surg* 1983; 56: 651.

Wenzel A, Gotfredsen E, Borg E, Gröndahl HG: Impact of lossy image compression on accuracy of caries detection in digital images taken with a storage phosphor system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod* 1996; 81: 351-355.

Wenzel A, Hintze H, Mikkelsen L, Mouyen F: Radiographic detection of occlusal caries in noncavited teeth: a comparison of conventional film radiographs, digitized films radiographs, and RadioVisioGraphy. *Caries Res* 1991; 72: 621-626.

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: 365-371.

White S, Hollender L, Gratt B: Clinical trials of intraoral radiography. *J Am Dent Assoc* 1979; 110: 810-816.

Yapul M, Saldivia S. Interpretación radiográfica de la caries dental. En: Carlos Z: Cariología. Prevención, diagnóstico y tratamiento contemporáneo de la caries dental. Caracas: Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica CA, 1997. 81-98.

Ziv V, Gazit D, Beris D, Feuerstein O, Aharonov L, Bab I: Ultrasonic detection of approximal caries: comparison with histologic and rentgenographic scores. *J Dent Res* 1998; 77 (special issue, AADR abstracts): 255.

# **ANEXOS**

Como complemento al punto 5.3, en el que se dan los resultados finales de los tests a los que se han sometido las diferentes pruebas diagnósticas evaluadas, se presentan seguidamente las tablas con los valores obtenidos para las siguientes pruebas diagnósticas:

- radiografías "Agfa",
- radiografías "Kodak",
- radiovisiografía en presentación estándar,
- radiovisiografía con magnificación de la imagen,
- diagnósticos del programa Logicon en esmalte,
- diagnósticos del programa Logicon en dentina, y
- hallazgos histopatológicos.

En las mencionadas tablas se mostrarán los valores en las diferentes combinaciones de las pruebas diagnósticas citadas cuando son comparadas con el patrón histopatológico. La fila superior marca el patrón en sus 5 grados, como se ha descrito en la sección correspondiente, la primera de las columnas se refiere a los 5 grados que pueden presentar las pruebas diagnósticas. Dentro de cada cruce fila/columna se presentan los siguientes datos (de arriba a abajo):

- 
- número de elementos,
  - porcentaje en su fila,
  - porcentaje en su columna,
  - porcentaje del total.

Al final de cada fila y columna aparecen también sus totales parciales.

Las tablas diferencian entre las observaciones realizadas en las superficies mesial, oclusal, y distal, excepto para el programa Logicon con el que no se realizan diagnósticos oclusales. Algunas combinaciones no aparecen por falta de elementos. Hay que mencionar que en el caso de las superficies oclusales sólo se detectó la presencia o ausencia de caries, adjudicándosele en este último caso el valor de 3, ya que es con ese grado cuando se pueden distinguir con claridad las lesiones.

Los datos referentes al programa de apoyo al diagnóstico de caries Logicon se presentan de forma diferente. La columna de la izquierda señala los valores que puede tomar la probabilidad de tener caries (ya sea en esmalte o en dentina) de 0 a 1, que en las tablas vienen expresados como de 1 a 10. En las filas se han simplificado los valores de la histopatología de forma que, para los diagnósticos en el esmalte se contemplan sólo los valores de los grados 0, 1 y 2, ya que los grados 3 y 4 representan valores de

caries en dentina; por su parte los diagnósticos de caries en dentina solo muestran los valores 3 y 4, lógicamente, que son los que corresponden en este caso.

ANEXO 1

Radiografías "Agfa". Superficie mesial.

RXAM	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPM					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
,00	120	16	8	24	3	171	
	70,2	9,4	4,7	14,0	1,8	89,1	
	93,0	84,2	80,0	80,0	75,0		
	62,5	8,3	4,2	12,5	1,6		
1,00	8	2	1	4		15	
	53,3	13,3	6,7	26,7		7,8	
	6,2	10,5	10,0	13,3			
	4,2	1,0	,5	2,1			
2,00	1	1	1	1		4	
	25,0	25,0	25,0	25,0		2,1	
	,8	5,3	10,0	3,3			
	,5	,5	,5	,5			
3,00				1	1	2	
				50,0	50,0	1,0	
				3,3	25,0		
				,5	,5		
Column Total	129 67,2	19 9,9	10 5,2	30 15,6	4 2,1	192 100,0	

ANEXO 2

Radiografías "Agfa". Superficie distal.

RXAD	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPD					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
,00	124 73,8 89,2 64,6	18 10,7 90,0 9,4	7 4,2 100,0 3,6	18 10,7 75,0 9,4	1 ,6 50,0 ,5	168 87,5	
1,00	8 72,7 5,8 4,2			3 27,3 12,5 1,6		11 5,7	
2,00	4 57,1 2,9 2,1			3 42,9 12,5 1,6		7 3,6	
3,00	3 75,0 2,2 1,6	1 25,0 5,0 ,5				4 2,1	
4,00		1 50,0 5,0 ,5			1 50,0 50,0 ,5	2 1,0	
Column Total	139 72,4	20 10,4	7 3,6	24 12,5	2 1,0	192 100,0	

ANEXO 3

Radiografías "Agfa". Superficie oclusal.

RXAO	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPO					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
,00	88	18	37	42	4	189	
	46,6	9,5	19,6	22,2	2,1	98,4	
	98,9	100,0	100,0	97,7	80,0		
	45,8	9,4	19,3	21,9	2,1		
3,00	1			1	1	3	
	33,3			33,3	33,3	1,6	
	1,1			2,3	20,0		
	,5			,5	,5		
Column Total	89 46,4	18 9,4	37 19,3	43 22,4	5 2,6	192 100,0	

ANEXO 4

Radiografías "Kodak". Superficie mesial.

RXKM	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPM					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
,00	127	16	9	26	3	181	
	70,2	8,8	5,0	14,4	1,7	94,3	
	98,4	84,2	90,0	86,7	75,0		
	66,1	8,3	4,7	13,5	1,6		
1,00	2	2		3		7	
	28,6	28,6		42,9		3,6	
	1,6	10,5		10,0			
	1,0	1,0		1,6			
2,00		1	1			2	
		50,0	50,0			1,0	
		5,3	10,0				
		,5	,5				
3,00				1	1	2	
				50,0	50,0	1,0	
				3,3	25,0		
				,5	,5		
Column Total	129 67,2	19 9,9	10 5,2	30 15,6	4 2,1	192 100,0	

ANEXO 5

Radiografías "Kodak". Superficie distal.

RXKD	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPD					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
,00	127	18	4	20	1	170	
	74,7	10,6	2,4	11,8	,6	88,5	
	91,4	90,0	57,1	83,3	50,0		
	66,1	9,4	2,1	10,4	,5		
1,00	10	1	1	3		15	
	66,7	6,7	6,7	20,0		7,8	
	7,2	5,0	14,3	12,5			
2,00	5,2	,5	,5	1,6			
			2	1		3	
			66,7	33,3		1,6	
3,00			28,6	4,2			
			1,0	,5			
	2					2	
4,00	100,0					1,0	
	1,4						
	1,0						
4,00		1			1	2	
		50,0			50,0	1,0	
		5,0			50,0		
		,5			,5		
Column	139	20	7	24	2	192	
Total	72,4	10,4	3,6	12,5	1,0	100,0	

ANEXO 6

Radiografías "Kodak". Superficie oclusal.

RXKO	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPO					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
,00	85	18	37	43	5	188	
	45,2	9,6	19,7	22,9	2,7	97,9	
	95,5	100,0	100,0	100,0	100,0		
	44,3	9,4	19,3	22,4	2,6		
3,00	4					4	
	100,0					2,1	
	4,5						
	2,1						
Column Total	89	18	37	43	5	192	
	46,4	9,4	19,3	22,4	2,6	100,0	

ANEXO 7

RadioVisioGrafía en presentación estándar. Superficie mesial.

RVGM	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPM					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
,00	110	17	9	22	4	162	
	67,9	10,5	5,6	13,6	2,5	84,4	
	85,3	89,5	90,0	73,3	100,0		
	57,3	8,9	4,7	11,5	2,1		
1,00	8	1	1	5		15	
	53,3	6,7	6,7	33,3		7,8	
	6,2	5,3	10,0	16,7			
	4,2	,5	,5	2,6			
2,00	4	1		1		6	
	66,7	16,7		16,7		3,1	
	3,1	5,3		3,3			
	2,1	,5		,5			
3,00	7			2		9	
	77,8			22,2		4,7	
	5,4			6,7			
	3,6			1,0			
Column Total	129	19	10	30	4	192	
	67,2	9,9	5,2	15,6	2,1	100,0	

ANEXO 8

RadioVisioGrafía en presentación estándar. Superficie distal.

RVGD	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPD					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
,00	112	18	7	15	2	154	
	72,7	11,7	4,5	9,7	1,3	80,2	
	80,6	90,0	100,0	62,5	100,0	-	
	58,3	9,4	3,6	7,8	1,0		
1,00	7	1		4		12	
	58,3	8,3		33,3		6,3	
	5,0	5,0		16,7			
2,00	3,6	,5		2,1			
	5			3		8	
	62,5			37,5		4,2	
3,00	3,6			12,5			
	2,6			1,6			
	11	1		1		13	
4,00	84,6	7,7		7,7		6,8	
	7,9	5,0		4,2			
	5,7	,5		,5			
4,00	4			1		5	
	80,0			20,0		2,6	
	2,9			4,2			
Column Total	2,1			,5			
	139	20	7	24	2	192	
	72,4	10,4	3,6	12,5	1,0	100,0	

ANEXO 9

RadioVisioGrafía en presentación estándar. Superficie oclusal.

RVGO	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPO					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
,00	84	18	35	41	5	183	
	45,9	9,8	19,1	22,4	2,7	95,3	
	94,4	100,0	94,6	95,3	100,0		
	43,8	9,4	18,2	21,4	2,6		
3,00	5		2	2		9	
	55,6		22,2	22,2		4,7	
	5,6		5,4	4,7			
	2,6		1,0	1,0			
Column Total	89	18	37	43	5	192	
	46,4	9,4	19,3	22,4	2,6	100,0	

ANEXO 10

RadioVisioGrafía con magnificación. Superficie mesial.

ZM	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPM					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
,00	102	16	10	21	4	153	
	66,7	10,5	6,5	13,7	2,6	79,7	
	79,1	84,2	100,0	70,0	100,0		
1,00	53,1	8,3	5,2	10,9	2,1		
	9	1		2		12	
	75,0	8,3		16,7		6,3	
2,00	7,0	5,3		6,7			
	4,7	,5		1,0			
	9	2		2		13	
3,00	69,2	15,4		15,4		6,8	
	7,0	10,5		6,7			
	4,7	1,0		1,0			
4,00	8			5		13	
	61,5			38,5		6,8	
	6,2			16,7			
4,00	4,2			2,6			
	1					1	
	100,0					,5	
	,8						
	,5						
Column Total	129	19	10	30	4	192	
	67,2	9,9	5,2	15,6	2,1	100,0	

ANEXO 11

RadioVisioGrafía con magnificación. Superficie distal.

ZD	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPD					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
,00	99	16	6	13	1	135	
	73,3	11,9	4,4	9,6	,7	70,3	
	71,2	80,0	85,7	54,2	50,0		
	51,6	8,3	3,1	6,8	,5		
1,00	14	2	1	4	1	22	
	63,6	9,1	4,5	18,2	4,5	11,5	
	10,1	10,0	14,3	16,7	50,0		
	7,3	1,0	,5	2,1	,5		
2,00	3	1		2		6	
	50,0	16,7		33,3		3,1	
	2,2	5,0		8,3			
	1,6	,5		1,0			
3,00	20	1		4		25	
	80,0	4,0		16,0		13,0	
	14,4	5,0		16,7			
	10,4	,5		2,1			
4,00	3			1		4	
	75,0			25,0		2,1	
	2,2			4,2			
	1,6			,5			
Column Total	139 72,4	20 10,4	7 3,6	24 12,5	2 1,0	192 100,0	

## ANEXO 12

## RadioVisioGrafía con magnificación. Superficie oclusal.

ZO	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPO					Row Total
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
		,00	81 44,8 91,0 42,2	18 9,9 100,0 9,4	35 19,3 94,6 18,2	42 23,2 97,7 21,9	
3,00	8 72,7 9,0 4,2		2 18,2 5,4 1,0	1 9,1 2,3 ,5		11 5,7	
Column Total	89 46,4	18 9,4	37 19,3	43 22,4	5 2,6	192 100,0	

ANEXO 13

Logicon aplicado en esmalte. Superficie mesial.

Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPM			Row Total
	,00	1,00	2,00	
,00	89 82,4 69,0 56,3	13 12,0 68,4 8,2	6 5,6 60,0 3,8	108 68,4
1,00	2 100,0 1,6 1,3			2 1,3
1,50	1 50,0 ,8 ,6	1 50,0 5,3 ,6		2 1,3
2,00	5 71,4 3,9 3,2	1 14,3 5,3 ,6	1 14,3 10,0 ,6	7 4,4
2,50	2 100,0 1,6 1,3			2 1,3
3,00		1 100,0 5,3 ,6		1 ,6
3,50	1 100,0 ,8 ,6			1 ,6
4,00	1 50,0 ,8 ,6	1 50,0 5,3 ,6		2 1,3
5,00	4 80,0 3,1 2,5		1 20,0 10,0 ,6	5 3,2
6,00	1 100,0 ,8 ,6			1 ,6
7,00	2 100,0 1,6 1,3			2 1,3
8,00	1 50,0 ,8 ,6	1 50,0 5,3 ,6		2 1,3
9,00	20 87,0 15,5 12,7	1 4,3 5,3 ,6	2 8,7 20,0 1,3	23 14,6
Column Total	129 81,6	19 12,0	10 6,3	158 100,0

ANEXO 14

Logicon aplicado en esmalte. Superficie distal.

LED	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPD			Row Total
		,00	1,00	2,00	
,00	86	19	7	112	
	76,8	17,0	6,3	67,5	
	61,9	95,0	100,0		
	51,8	11,4	4,2		
1,00	2			2	
	100,0			1,2	
	1,4				
	1,2				
1,50	3			3	
	100,0			1,8	
	2,2				
	1,8				
2,00	4			4	
	100,0			2,4	
	2,9				
	2,4				
3,00	3			3	
	100,0			1,8	
	2,2				
	1,8				
4,00	2			2	
	100,0			1,2	
	1,4				
	1,2				
4,50	1			1	
	100,0			,6	
	,7				
	,6				
5,00	5			5	
	100,0			3,0	
	3,6				
	3,0				
5,50	1			1	
	100,0			,6	
	,7				
	,6				
6,00	1			1	
	100,0			,6	
	,7				
	,6				
7,50	1			1	
	100,0			,6	
	,7				
	,6				
8,00	2			2	
	100,0			1,2	
	1,4				
	1,2				
8,50	1			1	
	100,0			,6	
	,7				
	,6				
9,00	27	1		28	
	96,4	3,6		16,9	
	19,4	5,0			
	16,3	,6			
Column Total	139 83,7	20 12,0	7 4,2	166 100,0	

ANEXO 15

Logicon aplicado en dentina. Superficie mesial.

LOM	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPM		Row Total
		3,00	4,00	
,00	24 88,9 80,0 70,6	3 11,1 75,0 8,8	27 79,4	
3,00	2 100,0 6,7 5,9		2 5,9	
7,00	1 100,0 3,3 2,9		1 2,9	
8,00	3 75,0 10,0 8,8	1 25,0 25,0 2,9	4 11,8	
Column Total	30 88,2	4 11,8	34 100,0	

ANEXO 16

Logicon aplicado en dentina. Superficie distal.

LOD	Count Row Pct Col Pct Tot Pct	HPD		Row Total
		3,00	4,00	
,00	16 94,1 66,7 61,5	1 5,9 50,0 3,8	17 65,4	
4,00	1 100,0 4,2 3,8		1 3,8	
5,00		1 100,0 50,0 3,8	1 3,8	
8,00	7 100,0 29,2 26,9		7 26,9	
Column Total	24 92,3	2 7,7	26 100,0	

**ENCUADERNACIONES**

*Fernando González Sabio*

LIBROS - APUNTES - REVISTAS  
MEMORIAS - TESIS - PROYECTOS  
TIMBRADOS A FUEGO (Composición propia)  
PEQUEÑAS EDICIONES

Naturalista Arévalo Baca, 17 - bajo izq.  
Teléfono: 361 11 73  
46010 - VALENCIA