

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
POSTGRADO DE ODONTOLOGÍA OPERATORIA Y ESTÉTICA

## **MÉTODOS DIAGNÓSTICOS PARA LA LESIÓN INICIAL DE CARIES**

Trabajo especial presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela por la  
odontóloga Tania Alexandra Guirigay  
Aparicio para optar al título de Especialista  
en odontología operatoria y estética.

Caracas, Octubre 2003

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
POSTGRADO DE ODONTOLOGÍA OPERATORIA Y ESTÉTICA

**MÉTODOS DIAGNÓSTICOS PARA LA LESIÓN  
INICIAL DE CARIES**

Autor: Od. Tania Alexandra Guirigay Aparicio

Tutor: Prof. Rebeca Balda Zavarse

Caracas, Octubre 2003

Aprobado en nombre de la  
Universidad Central de Venezuela  
por el siguiente jurado examinador:

-----  
(Coordinador) Nombre y Apellido

-----  
FIRMA

-----  
Nombre y Apellido

-----  
FIRMA

-----  
Nombre y Apellido

-----  
FIRMA

Observaciones: -----

-----

-----

Caracas, Octubre 2003

## DEDICATORIA

*El amor que he recibido  
hoy quiero galardonorlo,  
esta meta que he alcanzado  
mucho esfuerzo me ha llevado,  
es por ello que la obsequio  
a los que me aman y amo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Para todos aquellos que con su granito de arena contribuyeron a la construcción de este trabajo especial de grado, va mi más sincero y especial agradecimiento por el apoyo, la orientación y la dedicación que le prestaron. Gracias por su aporte, por su contribución en mi formación como profesional y por acompañarme en esta ardua tarea.

## LISTA DE CONTENIDOS

	Página
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
I.- INTRODUCCIÓN .....	18
II.- REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	20
1.- Caries dental	
1.1.- Definición .....	20
1.2.- Mecanismos para la formación de la caries dental. Generalidades .....	26
1.3.- Lesión de mancha blanca .....	36
1.3.1 Características macroscópicas de la lesión de mancha blanca .....	41
1.3.2 Características microscópicas de la lesión de mancha blanca .....	46
2.- El proceso diagnóstico. Generalidades. ....	51
2.1- Objetivos de los métodos diagnósticos .....	53
2.2. Propiedades de los métodos diagnósticos .....	54
2.2.1. Especificidad .....	58
2.2.2. Sensibilidad .....	60
3.- Clasificación de los métodos diagnóstico de la lesión inicial de caries .....	61

3.1.- Métodos Clínicos para el diagnóstico	
de la lesión inicial de caries .....	63
3.1.1 Método Visual .....	63
3.1.1.1.- Equipo	
3.1.1.2.- Objetivo	
3.1.1.3.- Mecanismo	
3.1.1.4.- Ventajas y Desventajas	
3.1.2 Método Visual con magnificación .....	71
3.1.2.1.- Equipo	
3.1.2.2.- Objetivo	
3.1.2.3.- Mecanismo	
3.1.2.4.- Ventajas y Desventajas	
3.1.3 Método de Transiluminación .....	82
3.1.3.1.- Equipo	
3.1.3.2.- Objetivo	
3.1.3.3.- Mecanismo	
3.1.3.4.- Ventajas y Desventajas	
3.1.4 Método Táctil .....	89
3.1.4.1.- Equipo	
3.1.4.2.- Objetivo	
3.1.4.3.- Mecanismo	
3.1.4.4.- Ventajas y Desventajas	
3.2.- Métodos Complementarios para el	
diagnóstico de la lesión inicial de caries .....	93
3.2.1.- Métodos Radiográficos	
3.2.1.1.- Técnica digital Directa .....	94
3.2.1.1.1.- Equipo	
3.2.1.1.2.- Objetivo	
3.2.1.1.3.- Mecanismo	
3.2.1.1.4.- Ventajas y Desventajas	
3.2.1.2.- Técnica de Cono paralelo .....	102
3.2.1.2.1.- Equipo	
3.2.1.2.2.- Objetivo	

3.2.1.2.3.- Mecanismo	
3.2.1.2.4.- Ventajas y Desventajas	
3.2.2.- Conductancia Eléctrica .....	110
3.2.2.1.- Equipo	
3.2.2.2.- Objetivo	
3.2.2.3.- Mecanismo	
3.2.2.4.- Ventajas y Desventajas	
3.2.3.- Aire Abrasivo .....	120
3.2.3.1.- Equipo	
3.2.3.2.- Objetivo	
3.2.3.3.- Mecanismo	
3.2.3.4.- Ventajas y Desventajas	
3.2.4.- Ultrasonido .....	128
3.2.4.1.- Equipo	
3.2.4.2.- Objetivo	
3.2.4.3.- Mecanismo	
3.2.1.4.- Ventajas y Desventajas	
3.2.5.- Láser .....	135
3.2.5.1.- Equipo	
3.2.5.2.- Objetivo	
3.2.5.3.- Mecanismo	
3.2.5.4.-Ventajas y Desventajas	
4.- Exactitud de los métodos de diagnóstico para las lesiones iniciales de caries dental .....	152
III.- DISCUSIÓN .....	164
IV.- CONCLUSIONES .....	168
V.- REFERENCIAS. ....	171



## LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1.- Izquierda: Lesión de mancha blanca con pérdida de sustancia calcificada Derecha: Lesión de caries dental con cavitación franca. ....	22
Gráfico 2. Esquema ilustrativo de la relación entre el factor etiológico de la placa dental y los determinantes y factores de la caries dental. ....	23
Gráfico 3. Representación de un caso clínico. Izquierda: Paciente de 21 años que presenta una infección puntual en la zona de la fisura oclusal. Derecha: Radiografía que muestra la extensión de la caries, la cual ha destruido la cúspide en el sentido de una <i>caries oculta</i> . ....	25
Gráfico 4. La caries se extendió hacia palatino y destruyó gran parte de la estructura del diente. El estado intraoperatorio muestra zonas aún no excavadas por completo. ....	25
Gráfico 5. Izquierda: Imagen clínica de una lesión incipiente de caries. Derecha: Histopatología de una lesión que abarca más del 50% del espesor del esmalte. ....	30
Gráfico 6. Fluctuación hipotética del contenido mineral durante un período de 24 horas. ....	33
Gráfico 7. Microrradiograma. En la parte superior se observa una caries de esmalte que se extiende por el límite amelodentinario. La dentina ya evidencia radiolucidez. Aún no hay cavidad. En la parte inferior se ve una caries dentinaria con cavidad. ....	34
Gráfico 8. Ilustración esquemática de la reacción de la dentina a los progresivos estadios de desmineralización de la caries. 1.- Dentina reactiva; 2.- reacción esclerótica o zona transparente; 3.- zona de desmineralización y	

4.- zonas de penetración bacteriana y destrucción .....	36
Gráfico 9. Esmalte con traslucidez y textura normal. ....	38
Gráfico 10. Lesión de mancha blanca de Localización típica en la cara proximal. ....	42
Gráfico 11. Secciones longitudinales que muestran el inicio y progresión de la caries en superficies proximales. A.- Desmineralización inicial. Aún no se detecta ni clínica ni radiográficamente. B.- Cuando la lesión se hace detectable radiográficamente, la superficie del esmalte se encuentra por lo general intacta. C.- La cavitación de la superficie externa del esmalte, es un proceso irreversible. D.- Las lesiones cavitadas avanzadas requieren de pronta atención restauradora. El diagnóstico de la vitalidad pulpar debe ser estudiado. ....	42
Gráfico 12. Izq: Configuración del sistema fosas y fisuras en un molar. Der: Fisura con una coloración pardusca. ....	43
Gráfico 13. Progresión de la caries en fosas y Fisuras A.- La lesión inicial se origina en las paredes laterales de la fisura. La desmineralización sigue la dirección de los prismas del esmalte y se dispersa al acercarse al límite amelo-dentinario. B.- Luego de ocurrida la lesión en el esmalte, puede observarse una reacción en la dentina y la pulpa. C.- La cavitación inicial de las paredes laterales de las fisuras no pueden ser observadas desde la superficie oclusal. D.- La cavitación extensa de la dentina hace la lesión visible desde la superficie oclusal. ....	44
Gráfico 14. Lesiones de mancha blanca en superficies lisas, nótese como sigue el contorno gingival. ....	45
Gráfico 15. Características microscópicas de la	

lesión inicial de caries. ....	46
Gráfico 16. Corte perpendicular de la lesión inicial de caries. ....	47
Gráfico 17 Izquierda: Microrradiografía de la zona de la caries incipiente de esmalte. Derecha: zonas de la caries incipiente observadas a través del microscopio de luz polarizada, señaladas con líneas desde la profundidad de la lesión hacia la superficie: zona trasluciente, zona oscura, cuerpo de la lesión y capa superficial. ....	48
Gráfico 18. Esquema de una caries de superficie libre; A: zona superficial; B: cuerpo de la lesión; C: zona oscura; D: zona traslúcida; E: capa necrótica; F: capa infectada; G: capa desmineralizada; H: pulpa dental. ....	51
Gráfico 19. Curva Operante Característica del Receptor (Curva COR). ....	58
Gráfico 20. Un método diagnóstico que proporciona una buena separación entre los casos con la enfermedad y sin ella da una curva COR más cerrada en la parte superior derecha del gráfico que un método que proporciona escasa separación entre las poblaciones. ....	59
Gráfico 21. Traslucidez y textura normal del esmalte con ligera pigmentación en la fisura sana. ....	64
Gráfico 22. Técnica de separación dental electiva temporal. Observe los separadores elásticos modulados, que fueron colocados entre las superficies proximales de los dientes posteriores, con la finalidad de poder evaluar posteriormente las superficies proximales. ....	66
Gráfico 23. Técnica de separación dental electiva temporal. Al eliminar los separadores de ortodoncia, el espacio resultante permite al odontólogo examinar directamente la superficie del contacto proximal, nótese que la superficie	

proximal del molar presenta pigmentación y al examen táctil presentó una superficie rugosa más no cavitada. ....	66
Gráfico 24.- Impresión de una zona proximal para confirmar la presencia de una cavidad. ....	67
Gráfico 25. Superficie del esmalte con una apariencia opaca y pérdida de brillo. ....	69
Gráfico 26. Lentes magnificadores simples. ....	72
Gráfico 27. Magnificadores giratorios ensamblados a una montura para lentes y a una banda o cintillo. ....	73
Gráfico 28. Lupas Galileo. ....	73
Gráfico 29. Lupas galileos adheridas a unos lentes. ....	74
Gráfico 30. Magnificadores Prismáticos (telescopios quirúrgicos) ....	74
Gráfico 31. Cámara intraoral Vista Cam, Air Techniques Inc, NY EE.UU. ....	75
Gráfico 32. Diagrama de un sistema de imagen intraoral. ....	76
Gráfico 33.- a.-Sistema de imagen intraoral (IIS). b.- Imagen intraoral. ....	77
Gráfico 34. Utilización de diferentes poderes de magnificación. ....	78
Gráfico 35. Equipo DIFOTI. ....	83
Gráfico 36. Izquierda: Caries proximal. Derecha: caries oclusal. Encontradas con la utilización de TIFOID. ....	85
Gráfico 37. Típicamente un diente con caries dispersa y absorbe más luz que el tejido sano circundante. La caries aparece como un área oscura en contraste con un fondo mucho más brillante y traslúcido en el contorno de una	

anatomía sana. ....	86
Gráfico 38. TIFOLD produce imágenes de alto contraste de la caries sobre todas las superficies del diente. ....	87
Gráfico 39. Izquierda: Apariencia visual de una superficie oclusa. Tomado de Wenzel <i>et al.</i> 1992 Derecha: Transiluminación de la superficie oclusal. ....	88
Gráfico 40. Micrográficos que ilustran los defectos traumáticos típicos. Todas las fosas oclusales y defectos están llenos con material de la placa pigmentado. Las flechas indican la superficie de los depósitos pigmentados. ....	91
Gráfico 41. Equipo de radiografía digital Schick Technologies Inc, NY, EE.UU. ....	96
Gráfico 42. Sensores CCD (Trophy Radiology S.A.). ....	97
Gráfico 43. Izquierda: escáner multiplancha de DentOptix (Dentsply) Derecha: escáner multiplancha FMX de Digora. ....	97
Gráfico 44. Imágenes de mordidas tomadas con radiografía digital directa. ....	98
Gráfico 45. Radiografía digitalizada. ....	99
Gráfico 46. Diagrama del equipo de radiografía digital. ....	99
Gráfico 47. Dispositivos de la técnica de cono paralelo ....	103
Gráfico 48. Películas intraorales. ....	104
Gráfico 49. Según Silverstone la caries adamantina sólo es detectable radiográficamente cuando ha penetrado en la dentina subyacente. Arriba, de izquierda a derecha: imagen radiográfica, imagen microscópica, imagen histológica. Abajo, ídem. ....	106

Gráfico 50. Radiografía coronal para diagnosticar caries proximales. ....	108
Gráfico 51. Conexión del Caries Meter L a la cavidad bucal. El electrodo del diente es conectado a la lesión de caries y el electrodo oral a la placa metálica colocada en la mucosa bucal. ....	112
Gráfico 52. El electronic caries monitor con detalles del explorador, donde muestra el tubo con el cual seca la superficie. ....	114
Gráfico 53. Valores de impedancia eléctrica entre cada porción del diente y la mucosa oral. ....	117
Gráfico 54. KCP. Aparato de aire abrasivo (ADT, EE.UU.). ....	121
Gráfico 55. Sistema de abrasión por chorro de aire (Sistema de sobremesa MicroPrep). ....	121
Gráfico 56.- Dispositivo de aire abrasivo MACH de Kreativ EE.UU. ....	122
Gráfico 57. Pieza de mano de aire abrasivo. ....	126
Gráfico 58. Diagrama en bloque de un instrumento básico de ultrasonido pulso-resonador que funciona con el principio de un registro A. ....	130
Gráfico 59. Ilustración del mecanismo de funcionamiento de la detección a través del ultrasonido por un sistema pulso-resonador ....	134
Gráfico 60. Ilustración de la sonda utilizada con el sistema (1.5-mm- de espesor estándar del esmalte). ....	134
Gráfico 61. Espectro de transmisión de infrarrojos del esmalte dental que muestra las bandas de absorción (bandas que se proyectan hacia abajo desde la parte superior del espectro) para agua, hidróxilo, carbonato y fosfato. Se muestran la posición de las líneas del láser para los laceres	

de Er:YSGD, de Er:YAG y de dióxido de carbono para ilustrar el solapamiento con las bandas de absorción del esmalte. ....	138
Gráfico 62. Organización esquemática del sistema visión QLF. ....	140
Gráfico 63. Izquierda: Equipo de luz roja de diodo de láser. DIAGNOdent Kavó, Biberach, Alemania). Derecha: Dos diseños de puntas diagnósticas la punta ancha (izquierda) para superficies linguales y bucales de los dientes; la punta estrecha (derecha) diseñada para zonas interproximales y fisuras. ....	142
Gráfico 64. Diagnodent ofrece la ventaja de medir la fluorescencia de las áreas fisuradas donde la luz láser es reflejada a través de los espacios más recónditos. ....	148

## LISTA DE TABLAS

Tabla I. Extensión de la caries dental indicado por el Caries Meter L y recomendaciones de tratamiento. ....	118
Tabla II. Reporte de la sensibilidad (sens.) y especificidad (esp.) para el diagnóstico de caries oclusal de esmalte. ....	160
Tabla III. Resumen de la sensibilidad (sens.) y especificidad (esp.) para el diagnóstico de caries de esmalte. ....	161



## **RESUMEN**

Los cambios en la progresión, en el patrón y en la distribución de la caries dental, han tenido una repercusión significativa en el diagnóstico de esta enfermedad. La búsqueda de métodos para el diagnóstico precoz de lesiones iniciales de caries, antes de que se transforme en una cavidad, para así poder, implementar una terapéutica preventiva más que un tratamiento restaurador, ha llevado a los investigadores a introducir nuevos métodos que permitan diagnosticar lesiones que no pueden ser detectadas ni clínica ni radiológicamente, ya que se encuentran en su etapa más temprana de formación. Actualmente se han desarrollado diferentes métodos, muchos de los cuales aún se encuentran en estudio. Sin embargo, ninguno es capaz de proporcionar la sensibilidad o especificidad necesaria, que garantice la exactitud del método. A pesar, de que todavía no se ha descubierto el método que permita una detección segura de la caries dental en sus etapas tempranas, el odontólogo debe hacer una valoración del riesgo a caries y emplear el mayor número de métodos posibles, para garantizar que el diagnóstico obtenido sea aquel que permita la ejecución del mejor tratamiento para el paciente, sin la necesidad de aplicar tratamientos invasivos o excesivos.

## **I.- INTRODUCCIÓN**

Los métodos actuales para el diagnóstico clínico de la caries dental implican un procedimiento visual, táctil y radiológico, el cual ha sido descrito en numerosas ocasiones y utilizado de forma rutinaria durante más de medio siglo; a pesar de ello y de los avances en la iluminación intrabucal y en la calidad de las radiografías, estos métodos básicos han experimentado muy pocos cambios<sup>9</sup>.

La exposición excesiva a los fluoruros ha provocado cambios en la morfología y en la progresión de las lesiones de caries, en las cuales el avance de la lesión en la dentina es enmascarado por una superficie de esmalte con alta resistencia, que oculta una extensa lesión a nivel de la dentina. Se sabe que la remineralización y la desmineralización de la estructura dental ocurre a lo largo del tiempo, de tal forma que el balance de la pérdida neta de mineral se determinará con el grado de progresión de la lesión al estado donde esta pueda apreciarse como una mancha blanca o pueda detectarse por otros medios.

Debido a la naturaleza cambiante del proceso de producción de la caries dental y dado que los métodos tradicionales y actuales de detección de la caries dental no perciben estos

cambios, la capacidad para diagnosticar la caries se torna cada vez más difícil<sup>40</sup>.

Debe reconocerse que la caries dental puede ser detectada fácilmente con métodos convencionales, una vez que ésta se encuentra en un estadio avanzado, mientras que el diagnóstico de lesiones iniciales de caries con una superficie relativamente intacta no es fácil.

Debido a esto, en los últimos 20 años se utilizan procedimientos alternativos para la detección de la caries dental. Durante esta década se han realizado numerosos diseños de equipos para mejorar dichos procedimientos. Los recientes avances tecnológicos se han enfocado en el diagnóstico de la caries dental en su etapa de formación más temprana.

El objetivo de este trabajo especial de grado es analizar los diferentes métodos diagnósticos para las lesiones iniciales de caries y de esta forma tratar de identificar el método más efectivo que permita obtener el diagnóstico más confiable.

## **II.- REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **1.- CARIES DENTAL**

#### **1.1.- Definición**

La historia de la caries corre paralela a muchos de los cambios ocurridos con el tiempo en la práctica de la odontología. Así mismo, estudios antropológicos confirmaron una escasez relativa de casos de caries hace más de mil años, cuando aún no se disponía de carbohidratos simples y la odontología era casi inexistente. Sin embargo, con la introducción de los azúcares en la dieta, la incidencia de caries dental comenzó un aumento progresivo<sup>1</sup>.

El conocimiento sobre la caries que se tenía desde la aparición del hombre civilizado hasta los inicios del siglo XVIII se reducía a la creencia de que la caries dental era el resultado de la acción destructiva de un gusano que atacaba y destruía los dientes<sup>2</sup>.

Sin embargo, debido al avance científico que experimenta la odontología durante el resto del siglo XVIII y casi todo el siglo XIX, dicha creencia fue suplada por el concepto de que eran los productos de descomposición de los alimentos atrapados entre los dientes los causantes de la lesión cariosa<sup>2</sup>.

Aún cuando son las publicaciones de los resultados de las investigaciones de Miller, en 1890, las que inician históricamente el conocimiento científico y formal sobre la etiología y la patogenia de la caries (*teoría químico – bacteriana o acidogénica*), es realmente en 1940 cuando comienzan a desarrollarse investigaciones que originan el conocimiento sobre la caries dental que se tiene en la actualidad<sup>2</sup>. Gotlieb *et al.*, en 1944, exponen la hipótesis de que el ataque inicial sobre el esmalte dentario consistía en una enzima proteolítica producida por las bacterias, la cual destruía el soporte orgánico de los cristales (*teoría proteolítica*) y no debido a la acción acidogénica de las bacterias<sup>2</sup>.

En 1952 se demuestra que la frecuencia de la ingesta de azúcares, aumenta la capacidad cariogénica de la placa bacteriana y para el año 1959 identifican al grupo *Streptococcus sp.* como el responsable de la caries dental. Han ocurrido una serie de hallazgos y descubrimientos científicos importantes con respecto a casi todos los aspectos relacionados con la caries dental (el desarrollo de sellantes de fosas y fisuras; la obtención de fármacos antibacterianos; los estudios y elaboración del xylitol, sorbitol y manitol; el desarrollo de pruebas salivales, entre otros) que son muy útiles en la prevención<sup>2</sup>.

Fejerskov<sup>3</sup> define a la caries dental como un proceso dinámico de desmineralización y remineralización, que resulta del metabolismo microbiano que ocurre sobre la superficie del diente; el cual, a lo largo del tiempo, puede resultar en una pérdida mineral neta y potencialmente convertirse en una cavidad<sup>3,4</sup>. Otros autores<sup>5,6,7,8</sup> la definen como un trastorno crónico, infeccioso y de progresión lenta que implica la destrucción de la estructura dental; la cual sin intervención puede avanzar hasta destruir el diente<sup>6</sup> y dar lugar a la pérdida de la función masticatoria, así como, una apariencia antiestética en los dientes afectados<sup>5</sup>. Gráfico 1

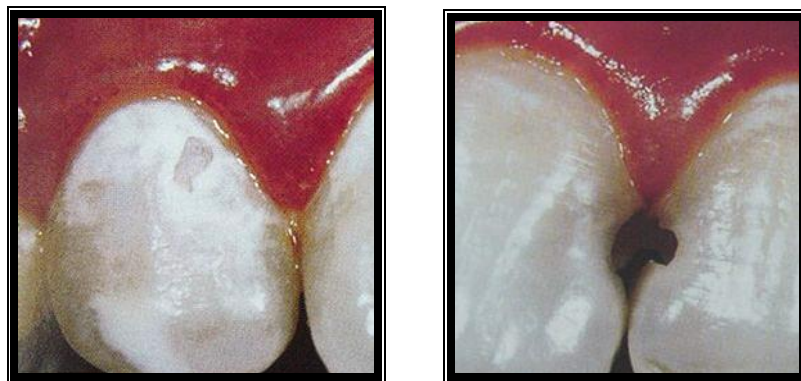


Gráfico 1. Izquierda: Lesión de mancha blanca con pérdida de sustancia calcificada. Derecha: Lesión de caries dental con cavitación franca. *Tomado de Nyvad, Machiulskiene y Baelum, 1999.*

También ha sido descrita como una enfermedad compleja, localizada (que puede afectar a la superficie de un diente

determinado y no a la superficie del diente vecino) y multifactorial: en la cual interactúan los factores del huésped (superficie dental, saliva, película adquirida), la dieta y la placa dental<sup>5</sup>; además de los factores sociales, conductuales y psicológicos. Este proceso no ocurre en ausencia de la placa bacteriana y sin la presencia de exposición frecuente a los carbohidratos fermentables de la dieta<sup>7</sup>. Gráfico 2

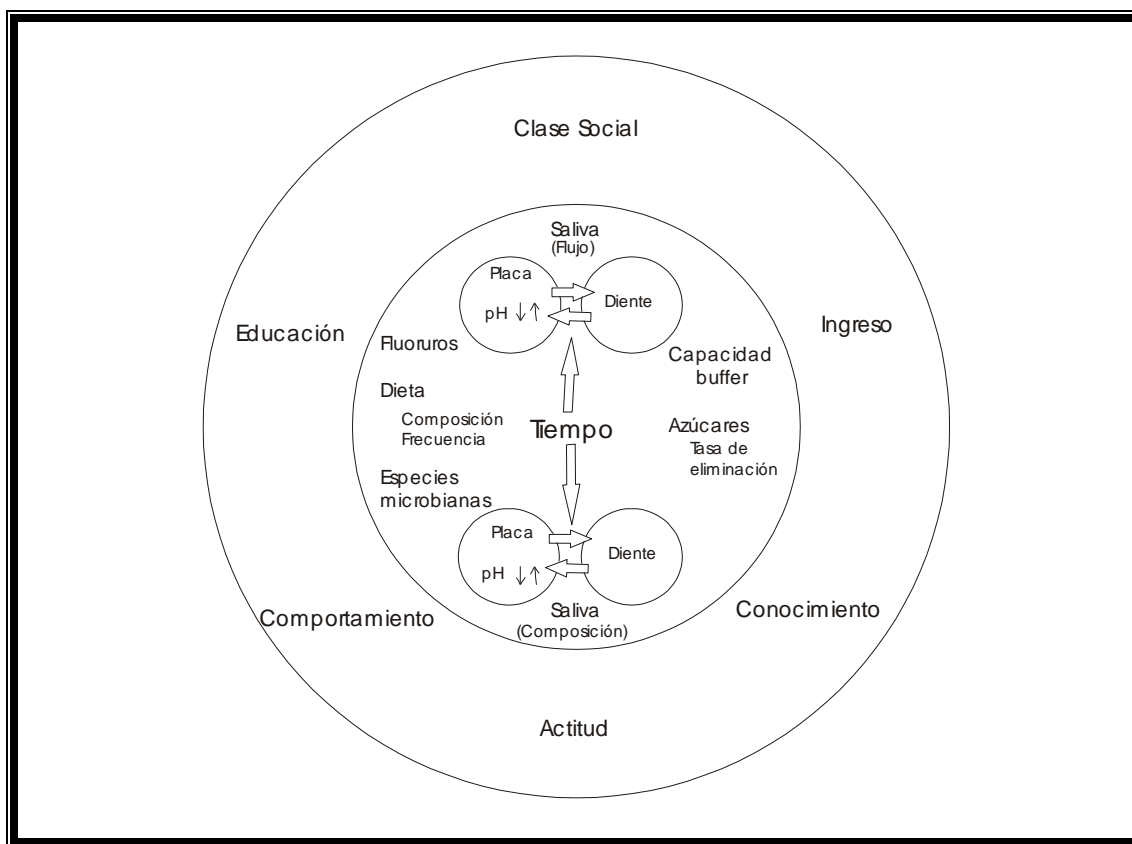


Gráfico 2. Esquema ilustrativo de la relación entre el factor etiológico de la placa dental y los determinantes y factores de la caries dental. *Tomado de Fejerskov, 1997*

Es por ello que podemos definir la caries dental como una enfermedad infecciosa, transmisible<sup>9,10</sup> y de etiología multifactorial<sup>5</sup>, la cual provoca la desmineralización o destrucción localizada de los tejidos duros del diente<sup>11,12</sup>, producto de un desequilibrio entre la pérdida y la ganancia de mineral<sup>5</sup> en la superficie del diente, ocasionada por los fluidos de la placa que lo cubren<sup>13</sup>.

En las últimas décadas se han observado ciertos cambios no sólo en la prevalencia de la caries, sino también en el patrón, distribución y progresión de la enfermedad en la población<sup>10</sup>. Estos cambios le son atribuidos al efecto que produce el fluoruro contenido en los dentífricos sobre los dientes; que provoca la aparición tardía de cavidades; así como, la progresión de lesiones en dentina por debajo de una superficie de esmalte que se encuentra clínicamente intacta<sup>4,6,14,15</sup>. A este último fenómeno se le conoce como *síndrome del fluoruro*, que ha sido atribuido al incremento de la exposición al fluoruro, que causa una alta resistencia a la caries en el esmalte oclusal y oculta una extensa lesión en la dentina<sup>16</sup>.

Por todo esto surge el término *caries oculta*, con la finalidad de definir aquellas lesiones en las cuales no existen signos



visibles de desmineralización sobre la superficie oclusal del diente y radiográficamente muestran una extensa desmineralización en la dentina<sup>12,13,17,18,19,20</sup>. Gráfico 3 y 4

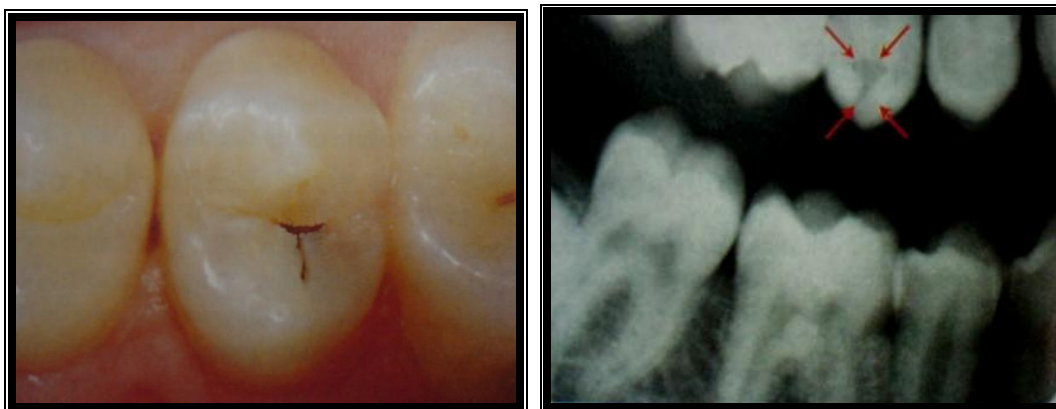


Gráfico 3. Representación de un caso clínico. Izquierda: Paciente de 21 años que presenta una infección puntual en la zona de la fisura oclusal. Derecha: Radiografía que muestra la extensión de la caries, la cual ha destruido la cúspide en el sentido de una *caries oculta*. (véase flechas). Tomado de Kielbassa, 2000.



Gráfico 4. La caries se extendió hacia palatino y destruyó gran parte de la estructura del diente. El estado intraoperatorio muestra zonas aún no excavadas por completo. Tomado de Kielbassa, 2000

La caries dental es un proceso dinámico, reversible en sus fases iniciales e inclusive puede ser detenido en sus fases avanzadas. Los límites en el diagnóstico y en el tratamiento de la caries dental han variado constantemente. Hasta ahora el tratamiento clínico de la caries estaba enfocado fundamentalmente en reparar las consecuencias del proceso patológico<sup>5</sup>.

Hoy en día, gracias a las nuevas tecnologías, los odontólogos podrán detectar lesiones de caries incipientes en una fase anterior a la mancha blanca clínicamente visible lo que les permitirá adoptar medidas terapéuticas más conservadoras dirigidas a prevenir y curar la caries dental<sup>5</sup>.

## **1.2.- Mecanismos de formación de la caries dental.**

### **Generalidades**

La caries dental es el resultado de un proceso mediante el cual los componentes minerales del diente (calcio y fósforo, fundamentalmente) son desmineralizados por los ácidos orgánicos producidos por las distintas especies de bacterias que se desarrollan en la placa dental<sup>5,18,21</sup>. Estos ácidos son sintetizados a partir de los carbohidratos fermentables de la dieta, tales como la glucosa, la fructosa (monosacáridos), la

sacarosa y la maltosa (disacáridos)<sup>5</sup>.

Está entendido que el *Streptococcus mutans* es el principal agente etiológico de la caries dental. Los *Streptococcus* están constituidos por siete especies, de las cuales los *S. mutans* y los *S. sobrinus* son las especies más importantes en términos de caries dental. Los *Streptococcus mutans* colonizan a los dientes después de su erupción y la fuente principal de infección es la madre del niño<sup>22</sup>.

La formación de ácidos orgánicos producido por las bacterias de la placa dental, tras su exposición a un carbohidrato fermentable, marca el inicio de la fase de desmineralización. El ácido láctico es el producto final predominante en las placas cariogénicas, por lo cual se considera el principal ácido implicado en la formación de caries dental<sup>5</sup>.

Los ácidos producidos por las bacterias difunden hacia el interior de la placa dental e inducen un aumento de la concentración de hidrogeniones ( $H^+$ ) en el líquido de la placa, el cual, no sólo rodea a las bacterias, sino también se encarga de transportar sus productos hasta la superficie del esmalte. En individuos con caries activa, se han registrado descensos del pH

de la placa dental hasta un valor de 4; un descenso del pH de esta magnitud, indica que las concentraciones de hidrogeniones han aumentado y constituye una ayuda para que los ácidos puedan difundir al interior del diente<sup>5</sup>.

Al descender el pH de la placa, las cepas de bacterias que peor toleran los ácidos dejan de producirlos (acidógenas), mientras que las bacterias que mejor los toleran (acidúricas) siguen sintetizando ácidos y reducen aún más el pH. La saliva influye considerablemente en el pH de la placa dental, porque es capaz de diluir y neutralizar los ácidos de la placa, debido al aumento del flujo y de su capacidad buffer<sup>5,21,23</sup>, siempre y cuando sean capas de espesor reducido, ya que su efecto se limita solo a la capa superficial<sup>5</sup>; así como también contribuye a la remineralización, porque provee los minerales que pueden reemplazar a los minerales disueltos<sup>21,23</sup>.

Los nichos interproximales y las fosas y fisuras oclusales profundas, son las zonas en las cuales la placa puede acumularse y formar un espesor considerable de 1 a 2 mm o mayor. En las placas dentales de gran espesor son los alimentos con concentraciones elevadas de azúcar, los que favorecen la penetración del azúcar hacia las zonas más profundas e

inmediatas a la superficie del diente<sup>5</sup>.

Al descender el pH en la cavidad bucal, éste se mantiene bajo durante un extenso período, debido a que el efecto tamponador de la saliva no puede actuar en la capa más profunda de la placa dental. Esta es la razón que revela la mayor predilección de la caries por las fosas y fisuras y las zonas interproximales<sup>5,24</sup>.

Debido a las minúsculas dimensiones de las fosas y fisuras, las cerdas del cepillo dental no tienen acceso al área para eliminar la placa presente. Existen evidencias de que los microorganismos presentes en las partes más profundas de las fisuras estrechas, no son los mayormente implicados en la formación de la lesión de caries dental. Son los microorganismos de la parte superficial de las fisuras y de la entrada de las fosas los metabólicamente más activos, por lo cual, el grado de progresión de la lesión será más rápido en la entrada de la fisura que en el fondo de la misma<sup>13</sup>. Gráfico 5

La fase inmediata a la producción de los ácidos por los microorganismos de la placa, es la difusión de estos ácidos por la superficie y el interior del diente. Una vez que desciende el pH

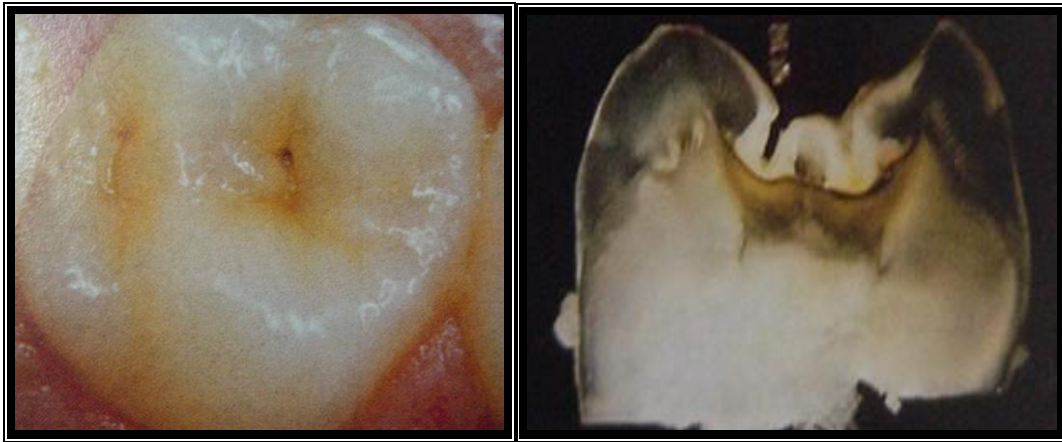


Gráfico 5. Izquierda: Imagen clínica de una lesión incipiente de caries. Derecha: Histopatología de una lesión que abarca más del 50% del espesor del esmalte. *Tomado de Ekstrand et al., 2001.*

de la placa, se produce un gradiente de concentración que favorece la penetración de los ácidos al esmalte. Los ácidos pueden difundir hacia adentro a través de los espacios intercristalinos e interprismáticos y posiblemente a través de defectos del desarrollo, como grietas en el esmalte u orificios focales, así como también, los minerales pueden difundir hacia fuera del esmalte<sup>5,11</sup>.

La superficie del esmalte se encuentra en relación con su entorno oral local (líquido de placa y saliva), en un estado de equilibrio dinámico, que implica la entrada y salida constante de iones. El proceso de difusión va a depender de la porosidad del esmalte en sus diferentes niveles estructurales, de la solubilidad

de los cristales del esmalte, así como también de las cargas, las cuales pueden jugar un papel importante<sup>5</sup>.

En teoría, al descender el pH de la placa, se alcanza un punto en el cual la fase mineral del esmalte comienza a disolverse. Este punto se conoce como pH crítico: 5,5. Los ácidos del líquido de la placa deben estar a una concentración lo bastante alta como para poder difundir al interior del esmalte y el líquido de la placa debe estar infrasaturado en relación con la hidroxiapatita, para que el mineral disuelto pueda difundir hacia el exterior<sup>5</sup>.

Cuando los productos de la reacción (mineral disuelto) se depositan en los espacios intercristalinos, pueden llegar a alcanzar el grado de saturación del líquido de desmineralización, hasta el punto de estar sobresaturados en relación con el mineral dental, lo que detiene el proceso de desmineralización y favorece la reprecipitación del mineral. En consecuencia, se considera que la difusión de los iones minerales hacia la superficie es el factor que determina la velocidad de desmineralización<sup>5</sup>.

El esmalte superficial se beneficia del aumento de las concentraciones de calcio y fosfato en el líquido de la placa, así

como, de los productos de la reacción que difunden desde el esmalte subsuperficial. Esto podría explicar el hecho de que la desmineralización del esmalte subsuperficial es más rápida que en el esmalte superficial<sup>5</sup>. Al pasar de una condición de infrasaturación a otra de sobresaturación en el esmalte superficial, los ácidos difusores no reaccionan con los cristales de la capa superficial y penetran más profundamente hacia el esmalte subsuperficial, en el cual existe un período de infrasaturación. Es por ello, que pueden producirse paralelamente procesos de desmineralización y remineralización en zonas diferentes de una lesión<sup>5</sup>.

Los dientes pasan por ciclos de desmineralización cuando el pH desciende por debajo de su valor crítico, seguidos por ciclos de remineralización. Estos ciclos inducen una fluctuación del estado de mineralización de los dientes a lo largo del día. La pérdida neta de mineral es la que determina si una lesión de caries progresa o no<sup>5</sup>. Gráfico 6

Si ocurre una pérdida mineral por la disolución del esmalte, los cristales individuales disminuyen de tamaño y originan un agrandamiento de los espacios intercristalinos, lo que produce un incremento de la porosidad del esmalte<sup>11</sup>. Es por ello, que la



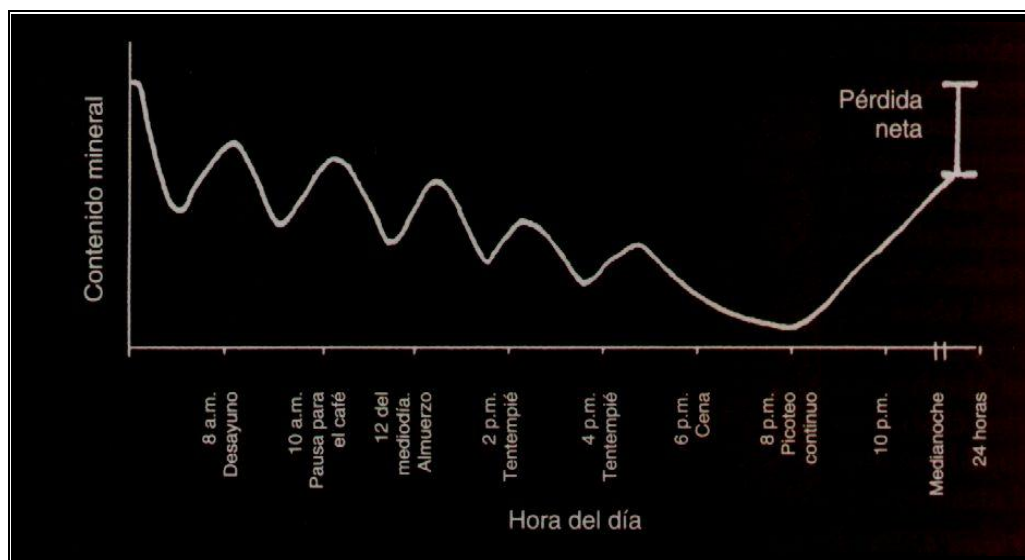


Gráfico 6. Fluctuación hipotética del contenido mineral durante un período de 24 horas. *Tomado de Zero, 1999*

lesión puede aparecer como una mancha blanca debido al incremento en la microporosidad de la subsuperficie del esmalte, pero también pueden transcurrir meses o años, en los cuales la suma de la pérdida mineral puede progresar hasta el punto en el cual el estrato mineral se debilita y forma una cavidad franca<sup>5, 25</sup>.

La disolución directa de la superficie del esmalte, con la apertura de los componentes estructurales como vías para la difusión de los ácidos orgánicos, implican la fase inicial de la caries, la cual conlleva al reblandecimiento de la superficie del esmalte, que al avanzar hacia la zona subsuperficial produce una mayor pérdida mineral en esta última y da lugar a la denominada

*lesión subsuperficial*<sup>5</sup>.

El progreso de la lesión puede alcanzar el límite amelo-dentinario, sin mostrar alteraciones macroscópicas visibles o la formación de microcavidades en la superficie del esmalte. Sin embargo, en otros casos, un grado de desmineralización extenso de la superficie del esmalte en conjunto con los daños mecánicos de la capa de la superficie más externa, pueden crear una cavidad cuya extensión no tenga comunicación directa con la dentina<sup>11</sup>. Gráfico 7



Gráfico 7. Microrradiograma. En la parte superior se observa una caries de esmalte que se extiende por el límite amelodentinario. La dentina ya evidencia radiolucidez. Aún no hay cavidad. En la parte inferior se ve una caries dentinaria con cavidad. *Tomado de Seif, 1999.*

Si la lesión de caries alcanza el límite amelo-dentinario, el esmalte poroso creado permite una difusión de los ácidos dentro de la dentina. Ésta puede responder sin que necesariamente se haya formado una cavidad en el esmalte; ya que la dentina es capaz de reaccionar en defensa ante cualquier estímulo que la afecte y su patrón de reacción dependerá de la intensidad del estímulo<sup>11</sup>.

Si la progresión de la destrucción del esmalte por caries es muy rápida, la respuesta defensiva por parte de la dentina podría verse limitada, mientras que una progresión lenta de la lesión de caries puede provocar una respuesta muy efectiva<sup>11</sup>.

En el área inmediata al vértice de la caries en el esmalte, se produce una pérdida mineral en la dentina, que la torna marrón. La desmineralización se extiende periféricamente a lo largo de la unión amelo-dentinaria, conociéndose esta zona como *zona de desmineralización*<sup>11</sup>. Al producirse en el esmalte una cavidad cariada, la masa microbiana presente en ella, invade la dentina periférica desmineralizada, cuyas enzimas hidrolíticas destruyen la matriz orgánica de la dentina y rompen su almacén orgánico. Esta zona es designada como *zona de destrucción*<sup>11</sup>.

Gráfico 8



Gráfico 8. Ilustración esquemática de la reacción de la dentina a los progresivos estadios de desmineralización de la caries. 1.- Dentina reactiva; 2.-reacción esclerótica o zona transparente; 3.- zona de desmineralización y 4.- zonas de penetración bacteriana y destrucción. Tomado de Fejerskov et al., 1986.

Es importante resaltar que la formación de la placa dental es un fenómeno fisiológico en la cavidad bucal, cuya actividad metabólica determina la formación o no de lesiones de caries<sup>13</sup>. El desarrollo de la lesión de caries o la resistencia a la misma, es el resultado de la interacción entre dos factores: el esmalte (factor genético) y el ambiente externo (factor ambiental)<sup>11</sup>. Esta enfermedad puede ser controlada para evitar que la lesión progrese y se convierta en una cavidad franca<sup>13</sup>.

### 1.3.- Lesión de mancha blanca

La caries dental es una enfermedad que progresa por etapas<sup>8</sup>. En su fase inicial existe una pérdida de mineral

producto del descenso del pH por debajo del pH crítico; esta desmineralización no puede ser detectada clínicamente, sólo puede identificarse mediante técnicas de laboratorio sofisticadas<sup>5,11</sup>. Al avanzar la lesión, las alteraciones se hacen macroscópicamente visibles, lo cual indica una mayor pérdida mineral como resultado de las actividades metabólicas de la placa. Esta pérdida mineral provoca áreas de micro-poros dilatados, que conlleva a un incremento en la porosidad del tejido, pero con una constante tendencia a la extracción periférica de mineral desde los tejidos profundos a la superficie exterior<sup>11</sup>.

Un leve incremento en la porosidad del tejido conduce a un cambio en las propiedades ópticas del esmalte, de tal manera que la luz se dispersa<sup>11</sup>. Por tal razón, al incidir la luz sobre estas lesiones provoca la refracción a través del esmalte o cambios en la dentina que causan una apariencia de tiza blanca o mancha opaca en la superficie del diente. Estos cambios son más notorios si la superficie del diente es secada con aire<sup>8</sup>.

Dado que la translucidez del esmalte es un fenómeno óptico que depende del tamaño de los espacios intercristalinos, es natural que el contenido de estos espacios también desempeñe

un papel en el grado de translucidez (Gráfico 9). Se conoce que el índice de refracción de la hidroxiapatita es de 1,62. Si es extraído todo el material acuoso de los espacios intercristalinos (el cual presenta el mismo índice de refracción que la hidroxiapatita), estos espacios se encontraran más o menos llenos de aire y el aire tiene un índice de refracción de 1,0<sup>11</sup>.

Por lo tanto, la diferencia entre el índice de refracción de la hidroxiapatita y el de los espacios vacíos es ahora tan grande que el mismo tejido poroso ha perdido su translucidez y muestra una apariencia opaca<sup>11</sup>.

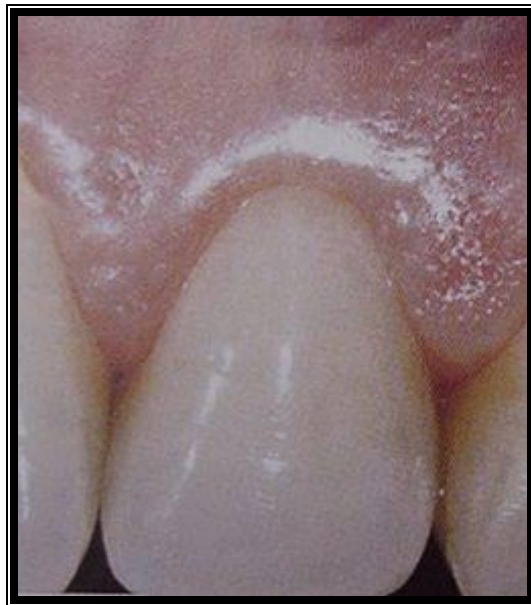


Gráfico 9. Esmalte con translucidez y textura normal. *Tomado de Nyvad, Machiulskiene y Baelum, 1999*

La *lesión de mancha blanca* es la primera manifestación clínica visual de caries dental, aunque muchos odontólogos la consideran una lesión incipiente, en realidad representa una fase relativamente tardía del proceso carioso. La lesión debe avanzar hasta una profundidad de 300-500 micrones para ser detectable clínicamente<sup>5</sup>.

Esta lesión debe su aspecto clínico a la pérdida del esmalte subsuperficial, que conlleva la pérdida de la transparencia del mismo. El esmalte superficial situado sobre la lesión blanca puede parecer clínicamente intacto y liso, lo que suele indicar que la lesión es inactiva; si la superficie está rugosa debido al aumento de la porosidad indica que la lesión se encuentra activa y que puede estar avanzando<sup>5</sup>. Si la pérdida de estructura continúa dará lugar a la formación de una cavidad<sup>8</sup>.

Las opacidades de color blanco también llamadas *lesiones de mancha blanca* tienden a localizarse en áreas donde la placa dental se acumula<sup>8</sup>. Si bien, la lesión de mancha blanca se ha estudiado principalmente sobre superficies lisas, las lesiones cariosas de fosas y fisuras y la caries radicular también se inician con una desmineralización subsuperficial bajo una capa superficial intacta<sup>5</sup>.

Los estudios realizados sobre lesiones incipientes demostraron que incluso dentro de una misma lesión, pueden existir zonas de desmineralización, mientras que otras zonas se remineralizan, es por ello que el estrato superficial de la lesión puede aumentar su contenido mineral, mientras la zona subsuperficial continúa desmineralizándose<sup>5</sup>.

En la fase de mancha blanca hay posibilidades de invertir o detener el avance de la lesión, modificando algunos de los factores causales o reforzando las terapias preventivas<sup>5</sup>.

El diagnóstico de lesiones de mancha blanca debe ser crucial para prevenir la progresión de la caries dental, antes de que se convierta en una cavidad. En la actualidad, la prevención de esta enfermedad está basada en la detección de lesiones en etapas tempranas, para no sólo detectar cavidades francas, sino signos tempranos de desmineralización, así como, la actividad o inactividad de la enfermedad<sup>12</sup>.

Se puede considerar que la mancha blanca es una lesión parcialmente detenida que puede progresar o no hasta la formación de una cavidad franca. Por consiguiente, no se debe decir que la mancha blanca es una lesión precavitada, ya que



indicaría, que con el tiempo acabaría por formarse una cavidad, sino que se trata de una lesión *no cavitada*<sup>5,12,20</sup>.

### 1.3.1.- Características macroscópicas de la lesión de mancha blanca

La configuración de la lesión de mancha blanca estará dada por la distribución o retención de la placa dental. Existen tres áreas donde las lesiones de mancha blanca pueden localizarse: las fosas y fisuras, las superficies proximales y las superficies linguales o vestibulares<sup>11</sup>.

En las zonas proximales, típicamente, habrá un área interdental afectada que estará rodeada por un área opaca que se extiende en sentido cervical. El borde cervical de la lesión de mancha blanca se formará de acuerdo con la configuración del margen gingival. Es frecuente observar como delgadas extensiones del área opaca que provienen de esta zona, se extienden en dirección vestibular o lingual<sup>11</sup>. Gráfico 10

El diagnóstico de las lesiones proximales puede basarse en la visión directa desde la cara vestibular o lingual, donde al observar signos de un socavado en la cresta marginal o un socavado en el esmalte cercano a la zona sin cavidad, la

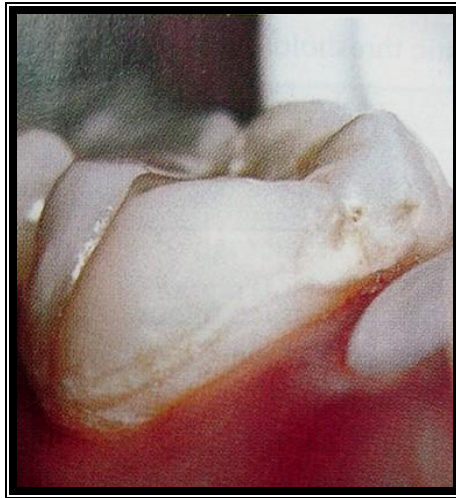


Gráfico 10. Lesión de mancha blanca de localización típica en la cara proximal. Tomado de Nyvad, Machiulskiene y Baelum, 1999

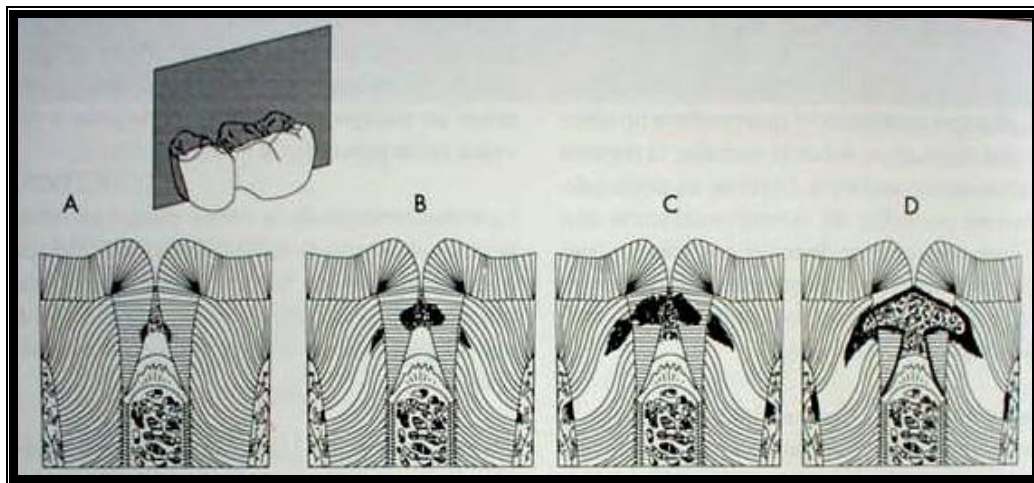


Gráfico 11. Secciones longitudinales que muestran el inicio y progresión de la caries en superficies proximales. A.- Desmineralización inicial. Aún no se detecta ni clínica ni radiográficamente. B.- Cuando la lesión se hace detectable radiográficamente, la superficie del esmalte se encuentra por lo general intacta. C.- La cavitación de la superficie externa del esmalte, es un proceso irreversible. D.- Las lesiones cavitadas avanzadas requieren de pronta atención restauradora. El diagnóstico de la vitalidad pulpar debe ser estudiado. Tomado de Seif, 1997.

lesión puede ser considerada como una caries que ha alcanzado a la dentina y ser clasificada como una lesión cavitada<sup>8</sup>. Gráfico

11

Las lesiones que no presenta cavidades en las fosas y fisuras pueden observarse de tres formas: como una lesión evidente de color blanco tiza en el esmalte, localizada adyacente o dentro de las fosas o fisuras<sup>8</sup>; como unas líneas blancas de desmineralización alrededor de las fosas o fisuras, o como una ligera sombra de coloración amarilla oscura o marrón en el área<sup>12,8</sup>, la cual no es más grande que el tamaño de las fosas y fisuras<sup>8</sup>. Gráfico 12

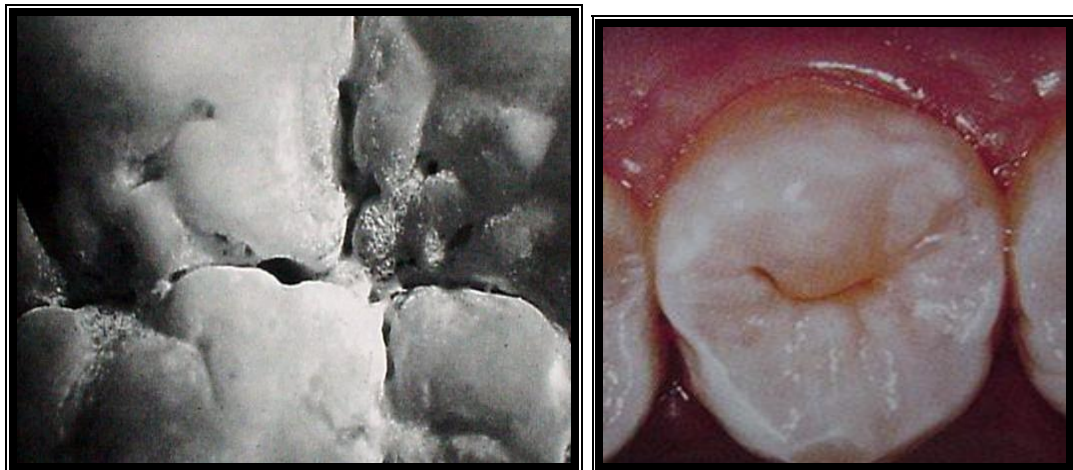


Gráfico 12. Izq: Configuración del sistema fosas y fisuras en un molar. Tomado de Seif, 1997. Der: Fisura con una coloración pardusca. Tomado de Nyvad et al., 1999.

Las lesiones no deben presentar pérdida de sustancia calcificada clínicamente visible, así como, no debe existir signos de un esmalte socavado, donde se evidencie el oscurecimiento de la subsuperficie a través del esmalte adyacente<sup>8</sup>. En esta zona la caries no se inicia en el fondo de la fisura, sino a lo largo de las paredes laterales<sup>2,8</sup>. Gráfico 13

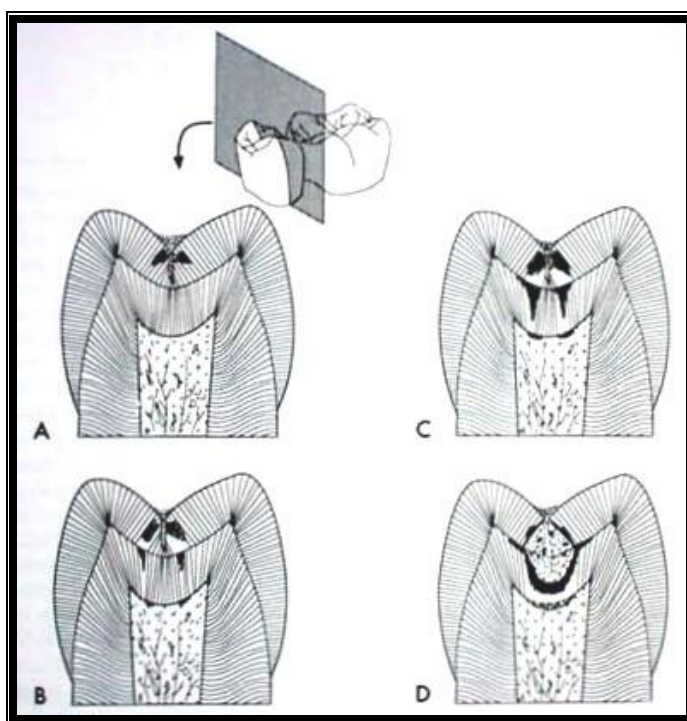


Gráfico 13. Progresión de la caries en fosas y fisuras A.- La lesión inicial se origina en las paredes laterales de la fisura. La desmineralización sigue la dirección de los prismas del esmalte y se dispersa al acercarse al límite amelo-dentinario. B.- Luego de ocurrida la lesión en el esmalte, puede observarse una reacción en la dentina y la pulpa. C.- La cavitación inicial de las paredes laterales de las fisuras no pueden ser observadas desde la superficie oclusal. D.- La cavitación extensa de la dentina hace la lesión visible desde la superficie oclusal. *Tomado de Seif et al., 1997*

En las superficies lisas el cambio macroscópico que usualmente se presenta, es la pérdida de la translucidez, que se traduce en un aspecto tizoso adyacente al margen gingival<sup>2,8</sup>. Esto se acompaña de una acentuación de los periquematíes del esmalte lo cual crea una superficie rugosa. Las lesiones se desarrollan en áreas donde la placa se acumula y son paralelas al margen gingival<sup>8,11</sup>. Es por ésto, que es muy frecuente encontrar las opacidades blancas cubiertas con placa dental<sup>5</sup>. Gráfico 14.



Gráfico 14. Lesiones de mancha blanca en superficies lisas, nótese como sigue el contorno gingival.

Las lesiones no cavitadas inactivas o de avance muy lento pueden mantener su aspecto de mancha blanca o adquirir el

aspecto de una mancha marrón<sup>2,5</sup>, como consecuencia de la captación de tintes<sup>11</sup>.

### 1.3.2.- Características microscópicas de la lesión de mancha blanca

Existe una gran cantidad de evidencias que apoyan la tesis, que las lesiones de caries incipientes producen mayor destrucción a nivel subsuperficial que sobre la superficie del diente<sup>2</sup>. Gráfico 15



Gráfico 15. Características microscópicas de la lesión inicial de caries.

*Tomado de Lussi, 1995.*

Un corte perpendicular a una superficie donde se

encontraba ubicada una lesión de caries, fue analizado al microscopio de luz polarizada y se observó un defecto en forma de cono truncado o cuña, cuya punta se dirigía hacia la dentina<sup>26,11</sup>. Gráfico 16



Gráfico 16. Corte perpendicular de la lesión inicial de caries.

*Tomado de Lussi, 1995.*

A mediados de los años 50 desde los estudios de Darling y Gustaffson en Suecia, se concibe que la lesión incipiente de esmalte está formada por cuatro zonas: (Gráfico 17)

- 1.- Capa superficial
- 2.- Cuerpo de la lesión
- 3.- Zona oscura
- 4.- Zona traslúcida<sup>11</sup>



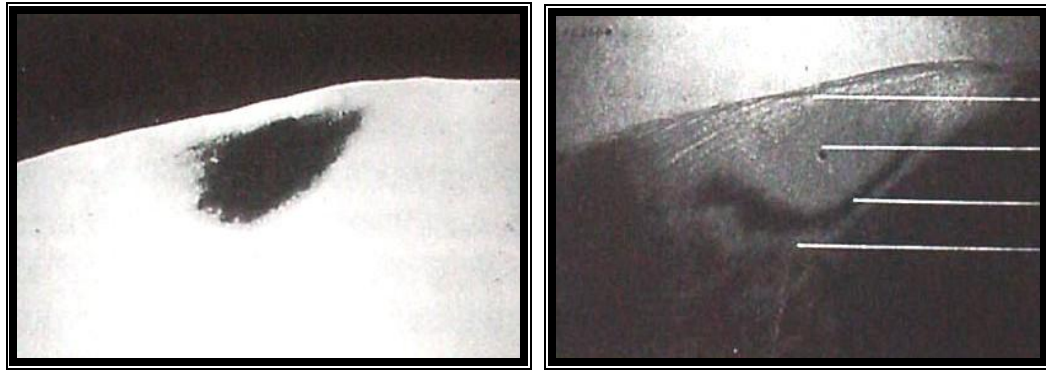


Gráfico 17 Izquierda: Microrradiografía de la zona de la caries incipiente de esmalte. Derecha: zonas de la caries incipiente observadas a través del microscopio de luz polarizada, señaladas con líneas desde la profundidad de la lesión hacia la superficie: zona traslúcida, zona oscura, cuerpo de la lesión y capa superficial. *Tomado de Seif, 1997.*

La *capa superficial* tiene entre 20 y 100 micras de espesor, es más gruesa en lesiones inactivas, tiene birrefringencia negativa a la luz polarizada y se observa opaca en las microrradiografías. En el microscopio electrónico de barrido pueden observarse cráteres superficiales, los cuales no corresponden a la estructura del esmalte sano y una insinuación de las vainas de los prismas, la cual tampoco puede apreciarse al microscopio de luz en el esmalte normal<sup>11</sup>.

La pérdida mineral en esta capa corresponde a un 9,9% por unidad de volumen<sup>26</sup>. En esta área se pueden observar zonas donde el volumen del poro excede en un 5% al del tejido normal, pero que se extiende todavía en forma triangular en el interior



del mismo, lo que permite distinguir esta zona aparentemente intacta del llamado *cuerpo de la lesión*, donde el volumen del poro va a exceder un 5%<sup>11</sup>.

El *cuerpo de la lesión* de birrefringencia positiva, es la zona más amplia. Cuando se examina al microscopio se aprecia el ensanchamiento de las estrías de Retzius y la acentuación de la estructura prismática con el resalto de su estriación transversal. Hay un 24% de pérdida mineral por unidad de volumen, la cual se acompaña de un incremento en la cantidad de materia orgánica y agua debido a la entrada de bacterias y saliva<sup>26</sup>.

La *zona oscura* es de un espesor variable y ofrece una birrefringencia positiva a la luz polarizada, contraria a la del esmalte normal que es negativa<sup>22</sup>. Los espacios o poros creados por el proceso de disolución que ha sido ocasionado por los ácidos, explican este comportamiento. Se acepta la existencia de una pérdida mineral de un 6% por unidad de volumen<sup>11,22</sup>.

La *zona oscura* se produce en un 90-95% de las lesiones y si la zona traslúcida está presente, la zona oscura se encuentra localizada entre ésta y el cuerpo de la lesión. Estudios realizados con un microscopio de luz polarizada indican que el

volumen del poro se ubica entre un 2 y 4 % y extensos estudios *in vitro* han mostrado que esta zona probablemente represente el resultado de los procesos de desmineralización y remineralización. La designación de *zona oscura* se origina en el hecho de que la zona aparece de color marrón oscuro en las secciones examinadas con luz transmitida después de la imbibición con quinolona<sup>11</sup>.

La *zona translúcida* parece corresponder al frente de avance de la lesión, donde el esmalte se ve menos estructurado y se caracteriza por tener un 1,2% de pérdida mineral por unidad de volumen<sup>22</sup>. Su espesor puede variar de 5 a 100 micras. Esta zona se localiza en la parte de la lesión que muestra un volumen del poro ligeramente superior al 1% cuando es examinada en seco. La explicación de la apariencia translúcida de esta zona con las estructuras del esmalte que son menos evidentes, parece ser la disolución inicial del esmalte que principalmente se produce a lo largo de las aberturas entre los prismas y en los espacios interprismáticos.<sup>11</sup>. Gráfico 18

Las observaciones anteriores llevan a establecer que la caries ataca primero las estrías de Retzius, las vainas de los prismas y su estriación transversal, antes de atacar al centro del

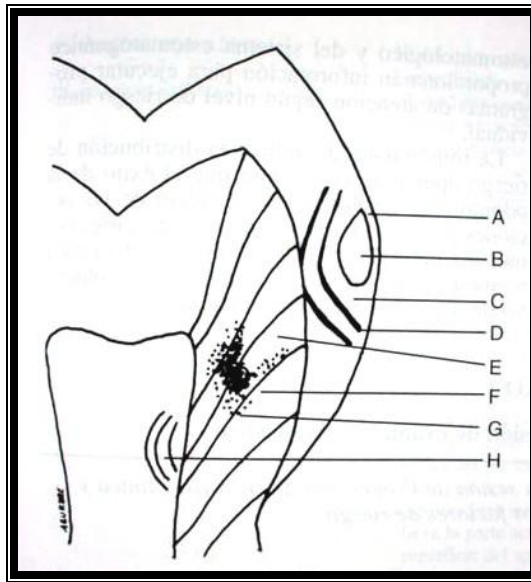


Gráfico 18. Esquema de una caries de superficie libre; A: zona superficial; B: cuerpo de la lesión; C: zona oscura; D: zona traslúcida; E: capa necrótica; F: capa infectada; G: capa desmineralizada; H: pulpa dental. Tomado de Barrancos, 1999

prisma, aunque para algunos autores la disolución ataca preferentemente al centro del prisma<sup>22</sup>.

## 2.- EL PROCESO DIAGNÓSTICO. GENERALIDADES

La palabra diagnóstico deriva del griego día, a través, y gnosis, conocimiento. Implica que sólo a través de un conocimiento suficiente de los componentes de una enfermedad, expresados como signos y síntomas, puede ser identificada la entidad a la cual pertenecen y puede establecerse un diagnóstico. Desde el punto de vista clínico, el proceso

diagnóstico también tiene otros objetivos. Uno de los más importantes es la elección del mejor tratamiento, que a la larga de un pronóstico más favorable<sup>11</sup>.

El diagnóstico de la caries no debe ser considerado solamente en términos de la aplicación de la tecnología para la detección en un sólo paso; sino que debe ser considerado como un proceso complejo , que comprenda tanto la detección como su estadio, lo cual contribuye a tomar decisiones acerca del manejo y pronóstico de la enfermedad<sup>20</sup>.

El cuidado de los pacientes en la práctica supone la acumulación de información diagnóstica. Los resultados obtenidos por los métodos diagnósticos son evaluados desde el primer contacto con el paciente, hasta una vez valorado el resultado del tratamiento instaurado<sup>11</sup>.

Si los datos de la historia del paciente, junto con el examen clínico son insuficientes para permitir un diagnóstico sobre el cual basar el futuro tratamiento, se deben reunir datos adicionales a través de otros métodos diagnósticos<sup>11</sup>.

El proceso diagnóstico se debe extender más allá del

simple reconocimiento de los síntomas manifiestos de la enfermedad y abarcar lesiones observables tanto clínica como radiográficamente. Debería estar claro que la elección de los métodos diagnósticos, así como, el entendimiento y la utilización de la información obtenida dependen en su mayoría de un conocimiento amplio, tanto de los mecanismos que se encuentran detrás del proceso de la caries dental, como del curso que estos sigan posteriormente<sup>11</sup>.

La interpretación y el uso adecuado de la información diagnóstica, va a depender de las propiedades del método diagnóstico empleado y de las características de la población a la cual se le apliquen los métodos. Aunque se tiene un conocimiento relativamente profundo respecto a la caries dental, queda mucho por descubrir. Las investigaciones futuras proporcionarán nuevos conocimientos en estas áreas, que podrán ser incorporadas a la práctica y servir satisfactoriamente a los pacientes<sup>11</sup>.

### **2.1.- Objetivo de los métodos diagnósticos**

La utilización de los métodos diagnósticos en la prevención de la caries dental tiene varias finalidades:

1.- Determinar la presencia de la enfermedad y su extensión en

pacientes sospechosos.

2.- Permitir la elección de un tratamiento alternativo que ofrezca un mejor pronóstico.

3.- Vigilar el curso de la enfermedad y evaluar la efectividad del tratamiento.

4.- Determinar la presencia de factores que puedan favorecer el establecimiento y progresión de la caries.

El principal objetivo de la acumulación de información diagnóstica es influir en la salud; por tal razón, para que un método diagnóstico tenga valor, las decisiones subsiguientes tienen que poder efectuarse<sup>11</sup>.

## **2.2.- Propiedades de los métodos diagnósticos**

Un método diagnóstico se utiliza fundamentalmente para separar los casos de individuos enfermos de los sanos y distinguir los diferentes estadios de la enfermedad. El término *exactitud*, es utilizado con frecuencia para describir un componente importante dentro de la realización de una prueba diagnóstica. Y se refiere, a la capacidad del método de proporcionar un diagnóstico que se corresponda con el estado verdadero. El registro de un diagnóstico exacto requiere que las decisiones diagnósticas sean comparadas con la *verdad*<sup>11</sup>.

Las decisiones diagnósticas pueden ser positivas o negativas para la enfermedad. Estas decisiones pueden definirse según el resultado de la prueba que se realice, en cuatro poblaciones:

- Verdadero positivo (VP)= casos con enfermedad donde la prueba ha resultado positiva.
- Verdadero negativo (VN)= casos sin enfermedad con resultados negativos.
- Falso positivo (FP)= casos sin enfermedad donde los resultados de las pruebas son positivas.
- Falso negativo (FN)= casos con enfermedad con resultados negativos<sup>11</sup>.

El número de diagnósticos verdaderos positivos y el número de diagnósticos falsos negativos juntos, cubren todos los casos con estado de enfermedad. La fracción de verdaderos positivos (FVP) más la fracción de falsos negativos (FFN), es consecuentemente igual a la unidad. De la misma manera, la fracción de falso positivo (FFP) más la fracción de verdadero negativo (FVN) es igual a la unidad. Por consiguiente, sólo es necesario conocer el valor de una de las fracciones en la categoría de enfermedad y una en la categoría de no enfermedad

para saber todas las fracciones, puesto que  $FVP + FFN = 1$  y  $FFP + FVN = 1$ <sup>11</sup>.

Cada una de estas fracciones representa una estimación de las probabilidades de un diagnóstico concreto de enfermedad o salud acorde a la realidad. Por ejemplo, si  $FVP = 0,8$  para un determinado diagnóstico, esto determina la probabilidad que una decisión diagnóstica positiva se haga para un caso positivo real. Lo que significa, que cada fracción representa una probabilidad condicional, de presencia o ausencia de la enfermedad, o un estado de la enfermedad en el cual estemos interesados<sup>11</sup>.

Un criterio riguroso es el que da un número bajo de decisiones FP. Un criterio menos riguroso da un alto número de decisiones FP. Los valores VP varían consecuentemente. Los valores VP y FP resultantes pueden ser trazados como una curva COR (Curva operante característica del receptor), la cual describe la relación entre FVP y FFP para un método diagnóstico dado<sup>11</sup>.

La curva describe los términos medios que pueden hacerse entre la FVP y la FFP cuando varía la decisión, es decir, que tiene que aceptarse una FFP a fin de obtener una FVP concreta.



El criterio óptimo para un método diagnóstico, dada la curva COR, va a depender de la prevalencia de la enfermedad y de las consecuencias asociadas con las decisiones que se tomen correcta e incorrectamente<sup>11,27</sup>. Gráfico 19

La posición de la curva puede variar dependiendo del espectro del estado de la enfermedad clasificado como positivo. Si sólo los estados de enfermedad más avanzados son clasificados realmente como positivos, se obtendrá una curva cerrada en la parte superior izquierda del gráfico<sup>11</sup>.

Si son considerados positivos los casos menos avanzados de la enfermedad, la curva estará cerrada en el lado contrario diagonal al gráfico, debido a que estos estadios de la enfermedad resultan más difíciles de detectar que los casos más avanzados. Si se sigue la posición de la curva se obtiene una medida de la precisión diagnóstica. La curva más cerrada en la parte superior izquierda, es la de más alta exactitud y la que mejor separa los casos con la enfermedad y sin ella<sup>11</sup>. Gráfico 20

Si la prevalencia de la enfermedad es baja, la FFP permanece pequeña, por lo tanto se debe elegir un criterio más

estricto para dar un punto operante en la parte baja de la curva<sup>11</sup>.

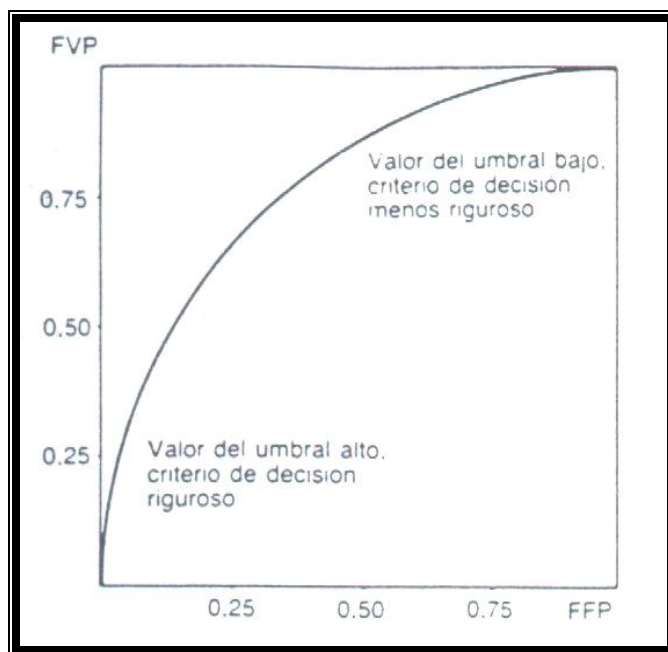


Gráfico 19. Curva Operante Característica del Receptor (Curva COR)

*Tomado de Thylstrup y Fersjeskov, 1986*

Contrariamente, con una prevalencia alta de la enfermedad, debe escogerse un criterio menos estricto, que dé por resultado un punto operante más alto en la curva<sup>11</sup>.

#### 2.2.1.- Especificidad

La especificidad (FVN) de un método se refiere a la capacidad de la prueba para identificar correctamente los casos sin la enfermedad<sup>11</sup>.

Puede calcularse: 
$$FVN = \frac{VN}{VN + FP}$$

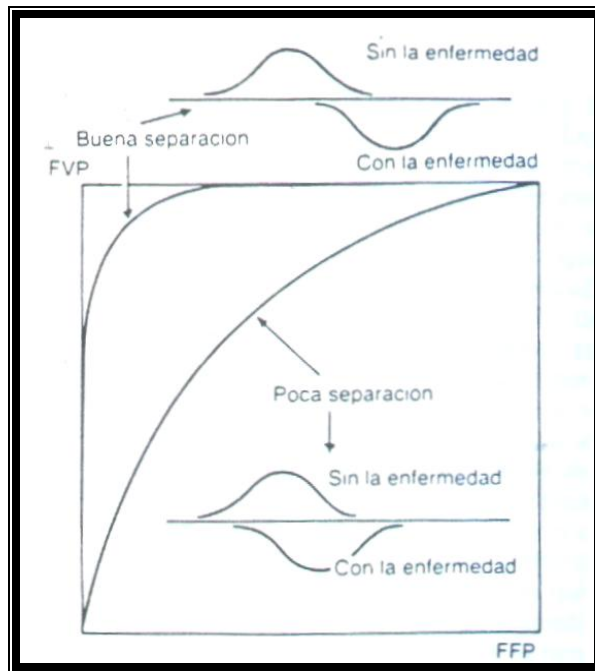


Gráfico 20. Un método diagnóstico que proporciona una buena separación entre los casos con la enfermedad y sin ella da una curva COR más cerrada en la parte superior derecha del gráfico que un método que proporciona escasa separación entre las poblaciones. *Tomado de Thylstrup y Fersjeskov, 1986*

La baja especificidad de un método diagnóstico genera problemas, debido a la aplicación de tratamientos inadecuados. Si se colocan restauraciones, sobre unas superficies sanas o sobre superficies que albergan pequeñas lesiones detenidas, las cuales podrían haberse mantenido en las mismas condiciones por varios años, se le ocasionaría un perjuicio al paciente,

debido a que estos dientes estarían sometidos al riesgo de un ciclo de reemplazo de restauraciones, de forma prematura e innecesaria<sup>20</sup>.

### 2.2.2.- Sensibilidad

La sensibilidad (FVP) de un método diagnóstico se refiere a la capacidad de la prueba para identificar correctamente los casos con la enfermedad o el estado de la enfermedad que nos interesa<sup>11</sup>.

$$\text{Este valor se puede calcular } FVP = \frac{VP}{VP + FN}$$

La exactitud de un método diagnóstico se expresa a menudo en términos de sensibilidad y especificidad, que son las características del método diagnóstico. Es por ello, que la determinación de un criterio óptimo requiere que la enfermedad buscada, sea definida claramente<sup>2</sup>. Para detectar lesiones tempranas, el método diagnóstico debe poseer una alta sensibilidad, lo cual puede resultar en un número mayor de diagnósticos falsos-positivos<sup>17</sup>.

Fejerskov y Thylstrup<sup>11</sup> sugirieron que una detección alta

de falsos negativos es más tolerable que una detección alta de falsos positivos. Un método que pierda lesiones superficiales pero tenga unos altos valores de predicción positivos, es preferible, a un método que incluya más observaciones falsas positivas y que tenga altos valores de predicción negativos<sup>11,28,29</sup>.

### **3.- CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DIAGNÓSTICOS DE LA LESIÓN INICIAL DE CARIES**

El uso generalizado de fluoruros ha modificado el principio a partir del cual, los factores causales de la caries dental pueden dar lugar a lesiones clínicamente no detectables<sup>5</sup>, lo que hace el diagnóstico de la caries oclusal una tarea difícil<sup>32</sup>. Por consiguiente, es necesario perfeccionar los métodos y de esta manera lograr diagnosticar lesiones incipientes<sup>5</sup>.

En la actualidad, se desarrollan y estudian nuevas tecnologías, que permitirán la detección clínica de lesiones precoces, que en el pasado no podían detectarse mediante la exploración visual o radiográfica<sup>5</sup>. El desarrollo de métodos diagnósticos alternativos tales como: la transiluminación con fibra óptica e imagen digital directa, aún confían al odontólogo la interpretación de los signos visuales; mientras otros métodos,

como la conductancia eléctrica la radiografía digital directa, el láser, entre otros, ofrecen un valor objetivo y cuantitativo que complementa el examen visual y táctil<sup>7</sup>.

Las herramientas modernas para el diagnóstico de la caries dental, así como para su monitoreo, debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- El método debe detectar lesiones de caries incipientes en el punto donde pueda realizarse la remineralización.
- El método debe ser objetivo, cuantitativo y más preciso que los métodos tradicionales.
- Debe ser reproducible y permitir una buena comparación interexaminadores.
- Debe ser fácil de aprender y rápida su aplicación<sup>15</sup>.

Uno de los mayores retos a los cuales se enfrentan los profesionales de la odontología, es determinar en que fase de la caries se justifica una intervención preventiva o restauradora. Un método que posea la sensibilidad necesaria, para detectar la pérdida de iones de calcio y de fosfato no puede ser útil en la práctica clínica debido a la naturaleza dinámica del proceso carioso<sup>5</sup>.

Por lo tanto, un método diagnóstico no debe proporcionar un diagnóstico excesivo de la actividad de la lesión de caries y mucho menos conducir a un sobretratamiento. Este, debe ayudar a identificar la actividad de caries en un umbral donde se requiera intervención preventiva<sup>5</sup>.

### **3.1.- Métodos clínicos para el diagnóstico de la lesión inicial de caries**

Históricamente, la detección de la caries oclusal se llevó a cabo con la utilización del espejo, luz y explorador. Los signos de resistencia al tacto, mientras un explorador era pasado por la superficie, era considerado para el diagnóstico de estas lesiones<sup>30</sup>. No obstante, la pequeña fuerza ejercida con un explorador de punta aguda, puede ser suficiente para provocar un daño al tejido de la zona superficial y convertir la lesión de mancha blanca en una lesión cavitada. Por tal motivo las investigaciones odontológicas están dirigidas a mejorar, desarrollar y probar otros sistemas diagnósticos<sup>31</sup>.

#### **3.1.1 Método visual**

El diagnóstico de la caries dental ha sido un proceso netamente visual, basado principalmente en la inspección clínica y la revisión de las radiografías<sup>7</sup>. La morfología de las fisuras o

la pigmentación negra o pardusca de las mismas, no son indicativos para diagnosticar caries oclusal. Pero, la presencia de una opacidad del esmalte en la entrada de la fisura, puede ser un indicador más preciso de caries oclusal en lesiones macroscópicamente no cavitadas<sup>31</sup>.

#### 3.1.1.1.- Equipo del método visual

El examen visual debe ser llevado a cabo cuando los dientes estén libres de placa y residuos, preferiblemente inmediato a la tartrectomía y pulido<sup>35</sup>. La inspección visual se lleva a cabo con un espejo bucal y bajo unas excelentes condiciones de iluminación<sup>29</sup> (una iluminación eficaz y ligera), después que el diente ha sido secado gentilmente con aire durante 10 segundos<sup>33</sup>. Gráfico 21

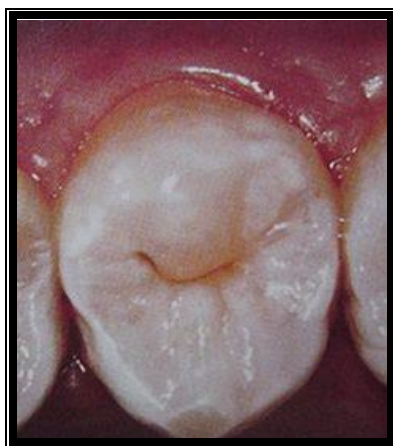


Gráfico 21. Traslucidez y textura normal del esmalte con ligera pigmentación en la fisura sana. *Tomado de Nyvad, 1999*



Para examinar las lesiones proximales se debe explorar el contorno de la superficie proximal y remover el tejido debridado adherente; este no debe ser removido completamente con una sonda sino a través de la utilización del hilo dental. Las superficies deben mantenerse secas a través de rollos de algodón, aire comprimido y la utilización de succión<sup>72</sup>.

Existe una técnica para ayudar a la detección de caries proximal que ha adquirido popularidad entre los clínicos y es una variante de un método antiguo, se trata de una técnica de *separación dental electiva temporal*<sup>20,72</sup>.

Esta técnica involucra la colocación de un separador elástico modulado, (comúnmente utilizado en ortodoncia) entre las superficies del contacto proximal, después del intervalo de tres días; el espacio resultante de 1mm (una vez limpiado con hilo dental) permitirá examinar directamente la superficie del contacto proximal y valorar con precisión si la superficie presenta una cavidad o no, a través de la inspección visual o táctil<sup>20,72</sup>. Gráfico 22, 23

Además, permite registrar la presencia de cavidades a través de una pequeña impresión de la zona, proporcionando

un registro responsable para la posterior evaluación de la lesión<sup>20</sup>. Gráfico 24



Gráfico 22. Técnica de separación dental electiva temporal. Observe los separadores elásticos modulados, que fueron colocados entre las superficies proximales de los dientes posteriores. Con la finalidad de evaluar las superficies proximales. *Cortesía de la Od. Claudia García.*



Gráfico 23. Técnica de separación dental electiva temporal. Al eliminar los separadores de ortodoncia, el espacio resultante permite al odontólogo examinar directamente la superficie del contacto proximal. Nótese, que la superficie proximal del molar presenta pigmentación y al examen táctil presentó una superficie rugosa más no cavitada. *Cortesía de la Od. Mercedes Figueroa*

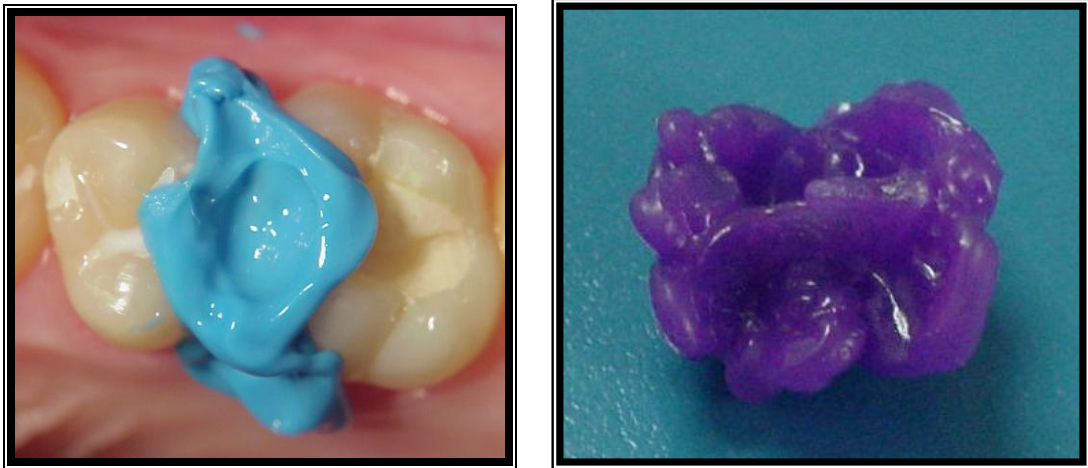


Gráfico 24.- Impresión de una zona proximal para confirmar la presencia de una cavidad. *Cortesía de la Od. Claudia García y Mercedes Figueroa*

La secuencia presentada a continuación, es una forma razonable para realizar cuidadosamente el examen clínico visual para las lesiones iniciales de caries oclusal:

- 1.- Exponer la superficie
- 2.- Eliminar la placa y enjuagar completamente utilizando la jeringa triple.
- 3.- Colocar rollos de algodones y el eyector de saliva. Dejar la superficie del diente húmeda. Observar la presencia de lesiones de mancha blanca o lesiones de mancha marrón o una pigmentación grisácea de la dentina.
- 4.- Secar el diente con la jeringa triple.
- 5.- Observar la presencia de una lesión de mancha blanca o marrón.

6.- Observar la presencia de fracturas localizadas en el esmalte opaco o con pigmentación pardusca, las cuales pueden presentarse como un hoyo hecho por una polilla o una fisura ligeramente ensanchada, estas apariencias son microcavidades<sup>13</sup>.

#### 3.1.1.2.- Objetivo del método visual

El esmalte desmineralizado es más poroso que el esmalte sano y esta es la clave para entender algunos de los cambios visuales<sup>13</sup>. La detección clínica visual de la caries dental depende de la evaluación de la opacidad, pigmentación, localización y reblandecimiento del tejido; que es el resultado de la desmineralización del tejido dental<sup>12</sup>.

Si un diente húmedo con una apariencia translúcida normal es secado con aire y se producen áreas opacas o menos translúcidas aisladas, se concluye que hay un ligero cambio en la porosidad del esmalte en áreas localizadas, lo cual puede ser indicativo de pérdida de mineral o de áreas hipomineralizadas<sup>11</sup>.

Gráfico 25

#### 3.1.1.3.- Mecanismo del método visual

Como fue mencionado anteriormente, la translucidez del



Gráfico 25. Superficies del esmalte con una apariencia opaca y pérdida de brillo.

esmalte es un fenómeno óptico; una vez que el diente es secado con aire durante 10 segundos, es extraído todo el material acuoso de los espacios intercristalinos, (índice de refracción del agua = 1,33) y estos se encuentran más o menos llenos de aire (índice de refracción del aire = 1,0). La diferencia entre el índice de refracción de la hidroxiapatita (1,62), y la de los espacios vacíos es ahora tan grande que el tejido poroso ha perdido su translucidez y aparece opaco o de aspecto tizoso<sup>11,13</sup>.

Si se necesita un secado prolongado para cambiar la translucidez del esmalte, esto indica que la porosidad del tejido es reducida, así como, si un área del esmalte aparece opaca sobre un diente húmedo, el esmalte presenta una mayor porosidad<sup>11</sup>.

Debido a la variación del medio existente en los espacios intercristalinos, se puede valorar la porosidad de un tejido determinado. En la clínica sólo puede utilizarse aire y agua, pero la variación entre estos dos medios permite obtener un cuadro relativamente preciso de la porosidad del tejido o pérdida mineral<sup>11</sup>.

#### 3.1.1.4.- Ventajas y desventajas del método visual

El método clínico visual es el de primera elección, debido a su rapidez y alta especificidad, por tal motivo, debe ser aplicado previo a otras técnicas de detección<sup>32</sup>. En estudios realizados para diagnosticar lesiones en superficies oclusales, la inspección visual presentó una altísima correlación con las observaciones histológicas<sup>34</sup>.

El diagnóstico de la caries oclusal en lesiones no cavitadas aún es un problema, especialmente cuando el diagnóstico clínico visual tiene una limitada sensibilidad. Distintos estudios demostraron que el método clínico visual en la detección de caries oclusal con superficies macroscópicamente intactas tiene relativamente pobres valores de sensibilidad, es por ello, que debe realizarse en conjunto con otros métodos. Las radiografías pueden incrementar dicha sensibilidad<sup>32</sup>.

La separación de los dientes con los anillos de goma de ortodoncia proporciona una única oportunidad para validar el estatus clínico de las superficies proximales *in vivo*. Al comparar las técnicas operativas utilizadas previamente, para validar la presencia de una cavidad o la profundidad de penetración de una lesión de caries con la técnica de separación, esta última tiene la gran ventaja, de poder ser utilizada no sólo en las superficies que se estima serán restauradas, sino en cualquier superficie<sup>72</sup>.

En un estudio piloto, se experimentó que una separación prolongada no resulta en un mayor espacio, pero si puede incrementar el riesgo de pérdida del módulo de separación<sup>72</sup>.

La utilización adicional de una impresión localizada tomada dentro de la apertura proximal, posterior a la separación, permite un diagnóstico más sensitivo, que el método de separación visual sólo. Esto es una ventaja porque permite monitorear visualmente a través de replicas, los cambios en el tamaño de las lesiones<sup>20</sup>.

### 3.1.2.- Método visual con magnificación

Una condición necesaria para realizar el trabajo clínico en odontología, es tener altos niveles de agudeza visual, especialmente para una observación de cerca. Las formas

comúnmente utilizadas para mejorar la visión son: acercarse al paciente o magnificar el área de interés. En relación a la primera forma, el odontólogo tiende a adoptar posturas inadecuadas que con el transcurrir del tiempo pueden provocarle problemas músculo-esqueléticos<sup>37</sup>.

#### 3.1.2.1.- Equipo del método visual con magnificación

Existen 4 sistemas de magnificación utilizados en odontología:

1.- Vidrios magnificadores simples en una montura para lentes<sup>38</sup>. Gráfico 26



Gráfico 26. Lentes magnificadores simples.

2.- Magnificadores giratorios que pueden ser ensamblados a una montura para lentes o utilizarse ensamblados a una banda o cintillo que se adapta a la cabeza<sup>38</sup>. Gráfico 27



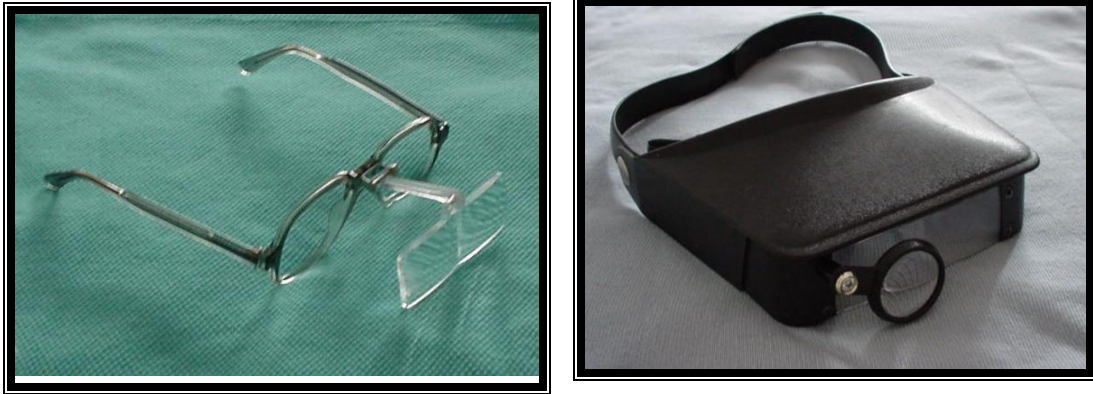


Gráfico 27. Magnificadores giratorios ensamblados a una montura para lentes y a una banda o cintillo.

3.- Sistemas de múltiples lentes; es una combinación de sistemas de lentes, uno en línea, que utiliza los principios de Galileo y otro que esta conformado por un sistema de prismas<sup>38</sup>. Comúnmente estos sistemas se refieren a lupas, telescopios quirúrgicos o microscopios operantes<sup>37</sup>. Gráfico 28, 29 y 30



Gráfico 28. Lupas Galileo. *Cortesía de Raúl García Arocha*



Gráfico 29. Lupas galileos adheridas a unos lentes. *Tomado de Forgie, 2001*



Gráfico 30. Magnificadores Prismáticos ( telescopios quirúrgicos)  
*Tomado de Forgie, 2001*

4.- El sistema de video-cámara intra – oral (VCIO) también puede producir imágenes magnificadas, esta reciente innovación ha tenido un auge en el mercado<sup>37</sup>. Gráfico 31



Gráfico 31. Cámara intraoral Vista Cam, Air Techniques Inc, NY EE.UU.

*Tomado de Barrancos, 1999*

Una cámara intraoral es una compleja combinación de tecnologías de video y computación. Consta de una pieza de mano con luz incorporada, de uno o varios lentes, de un cable o dispositivo para conexión, de una unidad procesadora y de un monitor. La pieza de mano es la cámara propiamente dicha y tiene en su extremo un lente. Dicho lente puede ser cambiado<sup>73</sup>.

Gráfico 32

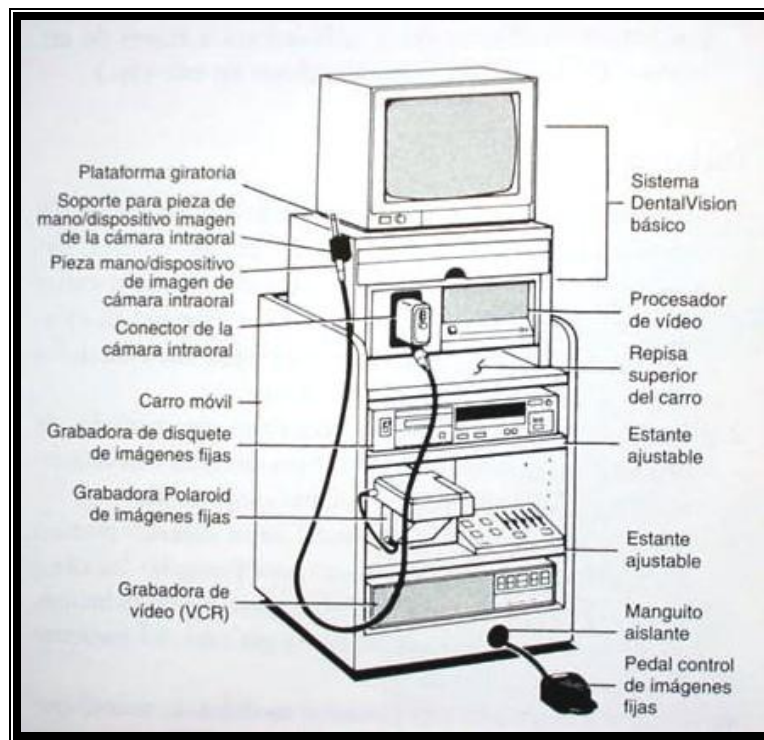


Gráfico 32. Diagrama de un sistema de imagen intraoral. Tomado de Aschheim y Dale, 2002.

Existen 2 tipos de cámaras intraorales: analógicas y digitales.

a) Las analógicas son las que producen una señal continua de video, como la televisión. Las imágenes obtenidas pueden almacenarse mediante una grabadora de video en una cinta (video-casete). Algunas de estas son: AcuCam Concept III (Dentply- New Image), Cygnascope (Cygnus Instruments Inc.), DentaCam (Fuji Optical Systems Inc.) y Pro-Cam (Profesional Dental Technologies)<sup>73</sup>. Gráfico 33a

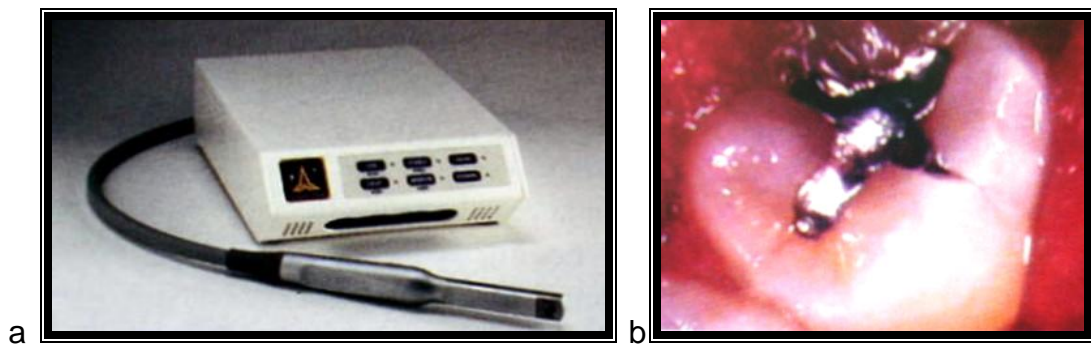


Gráfico 33.- a.-Sistema de imagen intraoral (IIS). b.- Imagen intraoral.

*Tomado de Aschheim y Dale, 2002.*

b) Las digitales son las que producen una señal de computadora. Son controladas por un programa de computación (software) específico. Las imágenes obtenidas sólo se ven en un monitor y pueden almacenarse en un disquete, disco rígido u óptico<sup>73</sup>.

Algunas de estas son: Insta View (MedCam EE.UU.)CDR-CAM (Schick Technologies) y STV (Stomavision Trophy Radiology)<sup>73</sup>. Gráfico 33b

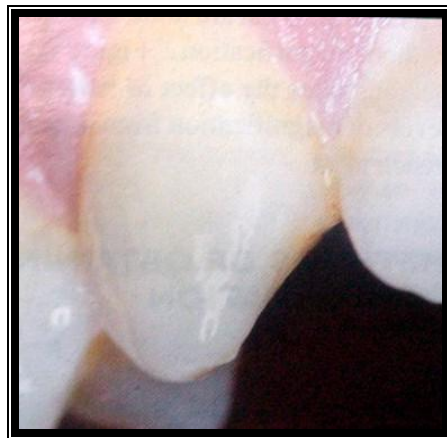
#### 3.1.2.2.- Objetivo del método visual con magnificación

Se ha demostrado que el examen clínico visual convencional, resulta un método relativamente insensible para el diagnóstico de caries dental. La magnificación puede servir como una técnica auxiliar para mejorar el examen clínico<sup>39</sup>, ya que

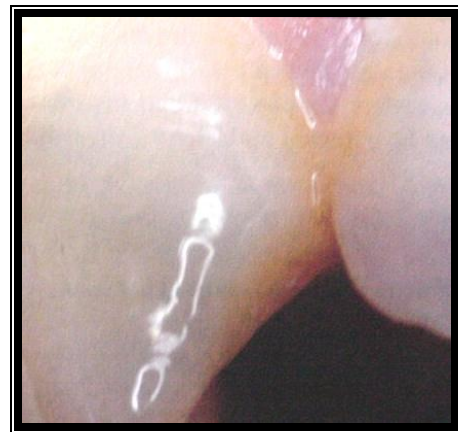
incrementa el tamaño de la imagen, lo que otorga al operador una altísima calidad del trabajo y le permite mejorar la exactitud del diagnóstico<sup>38</sup>.

### 3.1.2.3.- Mecanismos del método visual con magnificación

Al incrementarse los niveles de magnificación el campo de trabajo disminuye. Los niveles de magnificación de 3x o 4x proporcionan un adecuado campo de observación, que permite al clínico orientarse fácilmente. La profundidad de campo o foco decrece a medida que se incrementa la magnificación. Lo cual implica, que en sistemas con alta magnificación, un pequeño movimiento de la cabeza resulte en la pérdida del foco de la imagen observada<sup>38</sup>. Gráfico 34



Magnificación 3X



Magnificación 4X

Gráfico 34. Utilización de diferentes poderes de magnificación. *Tomado de Forgie, 2001*



El altísimo nivel de magnificación del sistema de magnificadores giratorios ensamblados a una montura para lentes o a una banda o cintillo, incrementa tres veces más el tamaño real del objeto observado. Pero puede variar dependiendo de la distancia de trabajo requerida<sup>38</sup>.

El microscopio operante provee un rango de magnificación aproximado de 5x a 26x, por lo cual es utilizado frecuentemente por lo endodoncistas<sup>37</sup>.

#### 3.1.2.4.- Ventajas y desventajas del método visual con magnificación

La magnificación reduce la equivocación, mejora la exactitud en el diagnóstico, así como también puede ser utilizada para la interpretación radiográfica. Pero también tiene sus limitaciones y desventajas. Esta requiere de un período de adaptación antes de que el profesional se sienta cómodo con su manejo<sup>38</sup>.

Así como, es obligatorio una correcta prescripción visual por parte de un oftalmólogo, antes de utilizarla. Una sobremagnificación resulta en un decrecimiento en la exactitud del trabajo<sup>38</sup>.

Los vidrios magnificadores simples en una montura para lentes, resultan económicos y fáciles de utilizar, sin embargo, su empleo es limitado debido a que su sistema de magnificación es propenso a las aberraciones; además, el lente se encuentra cerca del ojo, por lo cual, el poder de magnificación es limitado. Este tipo de magnificación es una extensión de los lentes para leer, que en la realidad son lentes de bajo poder de magnificación<sup>38</sup>.

Los magnificadores giratorios permiten grandes niveles de magnificación debido a la colocación del lente a una distancia lejana del ojo. Sin embargo, presenta sus restricciones ya que utiliza un sistema de magnificación simple, el cual es propenso a las aberraciones<sup>38</sup>.

Los beneficios del sistema de múltiples lentes es que admiten el control de la distancia de trabajo. La calidad óptica de los lentes tiende a ser altísima, al igual que sus niveles de magnificación (generalmente superiores a los 6x)<sup>38</sup>.

La cámara de video intraoral (VCIO) otorga una mejor visibilidad en aquellas zonas de difícil acceso, puede servir de gran ayuda para la motivación del paciente, ya que le permite



observar con claridad dentro de su propia boca. No existen suficientes investigaciones sobre el uso de VCIO, sin embargo, con éste sistema se obtienen altos niveles de magnificación que conlleva a la posibilidad de mejorar la visión y permitir la ejecución de tratamientos con mayor exactitud<sup>38</sup>, así como también, puede contribuir a mejorar las ganancias de la práctica<sup>37</sup>.

La orientación y ubicación de la cámara dentro de la cavidad bucal puede resultar difícil para un operador inexperto, ya que la VCIO a pesar de tener afinidad con algunos sistemas adaptados, utiliza visión indirecta, donde las imágenes son observadas a través de una pantalla<sup>37,38</sup>. Su costo moderado o elevado puede llegar a ser uno de sus inconvenientes<sup>38</sup>.

El microscopio operante no es incorporado a la práctica clínica normal como otros sistemas de magnificación, ya que resulta muy costoso, generalmente es utilizado por los endodoncistas<sup>38</sup>.

Debido al desarrollo de técnicas y procedimientos que requieren altos niveles de destreza manual y visual, los cuales involucran finos detalles; existe un incremento en el interés del

uso de la magnificación, la cual debe ser considerada por todos los clínicos independientemente de la edad<sup>38</sup>.

### 3.1.3.- Método de transiluminación

La transiluminación con fibra óptica (TIFO) puede ser utilizada como una herramienta auxiliar para diagnosticar caries dental, especialmente en dientes anteriores y en superficies interproximales<sup>15</sup>. La utilización de la luz para detectar caries, se ha establecido por los riesgos propios de las radiaciones ionizantes, además por la idea, de que el empleo de la sonda podría favorecer la extensión de las lesiones incipientes o la inoculación de microorganismos cariogénicos en áreas no afectadas<sup>40</sup>.

La transiluminación con fibra óptica e imagen digital (TIFOID) sirve para detectar lesiones incipientes antes de que puedan ser observadas radiográficamente. Además, de ser un método práctico para obtener imágenes dentales<sup>40</sup>.

#### 3.1.3.1.- Equipos del método de transiluminación

El sistema o método de transiluminación con fibra óptica (TIFO), consta de una fibra óptica manual, cuya punta terminal puede ser de 0,5 ó 1mm de diámetro y de una fuente de luz

halógena de 150 watts<sup>29</sup>.

La transiluminación con fibra óptica e imagen digital (TIFOID), es un método relativamente reciente, el cual se ha desarrollado con la finalidad de reducir las desventajas de la TIFO, es decir, mantiene los atributos básicos del TIFO, pero supera sus limitaciones subjetivas, ya que combina una microcámara de video con dispositivo acoplado de carga (DAC), el cual permite capturar y analizar la imagen digitalmente. Las imágenes captadas por la cámara son enviadas a una computadora<sup>40</sup>, y luego son almacenadas de forma estandarizada, lo cual permite correlacionarlas con las imágenes recién adquiridas y facilita su análisis<sup>25</sup>. Gráfico 35



Gráfico 35. Equipo DIFOTI. *Cortesía de Electro-Optical Sciences, Inc., 2002.*

El equipo contiene una sonda manual, con un sistema de

liberación de luz y una cámara de imágenes. Los componentes mayores de este sistema (la pantalla o monitor, el CPU, la impresora, la fuente de luz y la fuente de poder) son colocados en un mobiliario. La fuente de luz para la fibra óptica tiene un voltaje de 50 watts, que está constituida por lámparas con un suministro de poder estable. El equipo tiene dos métodos para el control remoto: un pedal o un control de comando opcional que se activa a través de la voz, lo cual permite al operador controlar la captura de la imagen<sup>25</sup>.

El operador direcciona el equipo para adquirir y grabar la imagen seleccionada, la cual es salvada en un bitmap o comprimidas en un formato JPG. La sensibilidad de la cámara puede ajustarse automáticamente a la intensidad de la transiluminación<sup>25</sup>.

#### 3.1.3.2.- Objetivos del método de transiluminación

Al utilizar este método, los odontólogos pueden fácilmente detectar caries dental en los dientes anteriores, las lesiones son apreciadas como zonas oscuras o áreas grises. Sin embargo, las lesiones en los dientes posteriores son más difíciles de detectar con la transiluminación, pero dichas lesiones pueden observarse desde la cara oclusal como un área gris, cuando la luz es

colocada sobre la superficie lingual o vestibular del diente<sup>35</sup>.

Gráfico 36

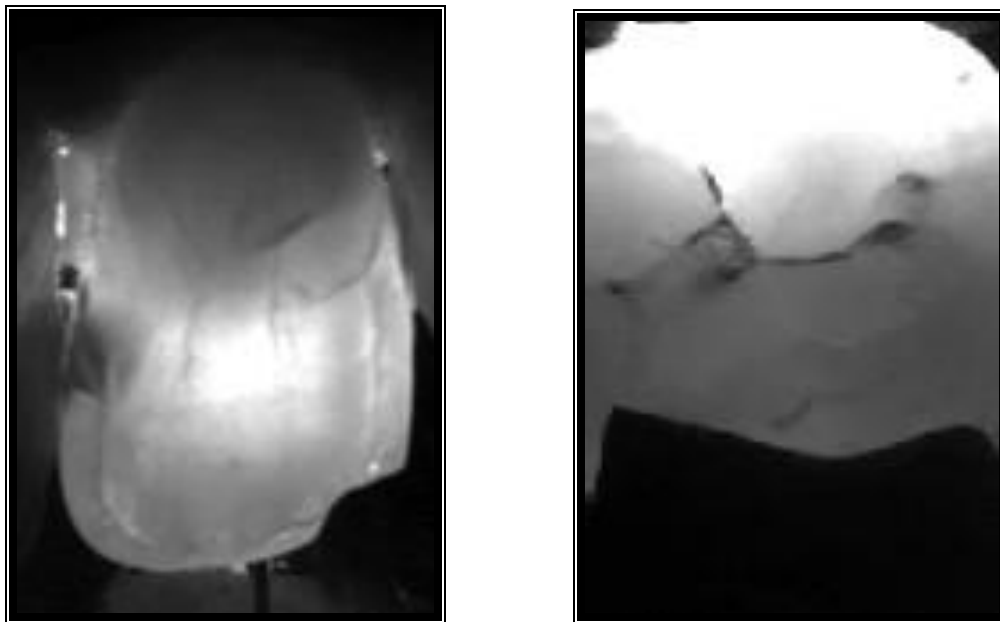


Gráfico 36. Izquierda: Caries proximal. Derecha: Caries oclusal. Encontradas con la utilización de TIFOID. *Cortesía de Electro-Optical Sciences, Inc., 2002.*

#### 3.1.3.3.- Mecanismos del método de transiluminación

La iluminación es realizada mediante un sistema de fibra óptica, que va desde la fuente de luz hasta la superficie lingual o vestibular del diente. Durante el examen, la luz de la silla odontológica y la del consultorio deben permanecer apagadas<sup>41</sup>.

El diagnóstico de caries a través de la TIFO se basa en los cambios producidos en la dispersión y absorción de los

fotones de luz. Su efecto en la dispersión, se traduce como un decrecimiento local de la transiluminación e interpretada por el observador a través de una escala ordinal de clasificación<sup>25</sup>.

Un estrecho rayo de luz blanca brillante, es dirigido a través de la zona de contacto entre las superficies proximales. En la zona donde ha ocurrido un proceso de desmineralización, se produce una interrupción de la estructura cristalina, que ocasiona la deflexión del rayo de luz y produce una sombra<sup>42</sup>.

Gráficos 37 y 38

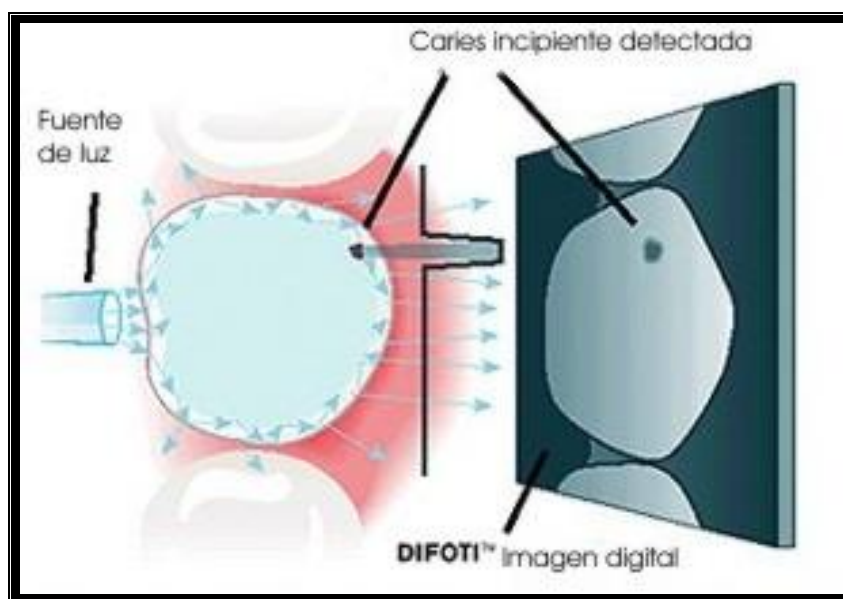


Gráfico 37. Típicamente, un diente con caries dispersa y absorbe más luz que el tejido sano circundante. La caries aparece como un área oscura en contraste con un fondo mucho más brillante y traslúcido en el contorno de una anatomía sana. *Cortesía de Electro-Optical Sciences, Inc., 2002.*

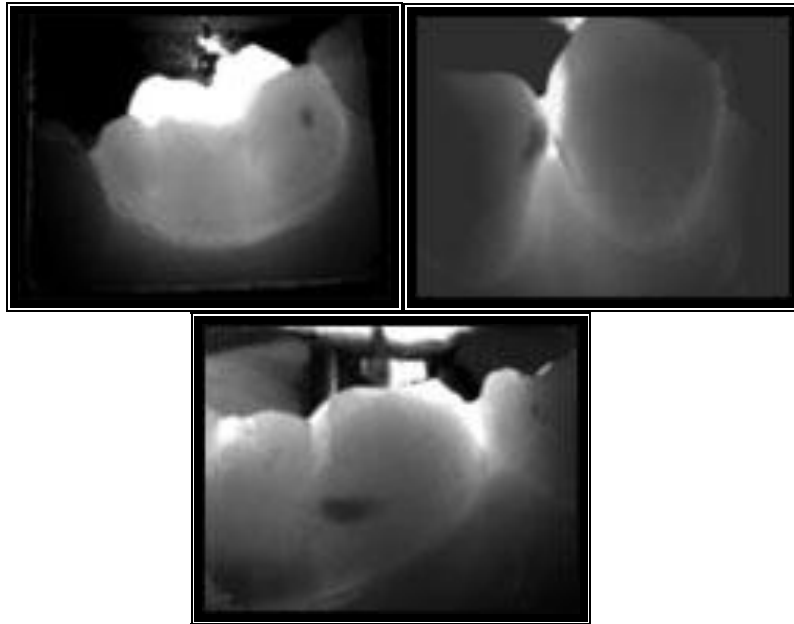


Gráfico 38. TIFOID produce imágenes de alto contraste de la caries sobre todas las superficies del diente. *Cortesía de Electro-Optical Sciences, Inc., 2002.*

Esta técnica se basa en la utilización del bajo índice de transmisión de luz de las lesiones de caries, las cuales aparecen como una sombra oscura cuando se comparan con la estructura del diente sano cercano a la lesión<sup>4</sup>. Si es utilizado el sistema TIFOID, los cambios resultantes en la distribución de la luz a medida que ésta atraviesa el diente, quedan registrados y son analizados en forma de imágenes<sup>40</sup>. Gráfico 39

#### 3.1.3.4.- Ventajas y desventajas del método de transiluminación.

La principal ventaja de la TIFO es su costo-efectividad, ya que es un sistema no invasivo, fácil de utilizar e indoloro, que

puede ser utilizado repetidas veces, sin riesgos para el paciente<sup>4,25,42</sup>. Su empleo en conjunto con el examen clínico, permite detectar caries en las superficies proximales de los dientes posteriores a nivel de la dentina<sup>4</sup>.

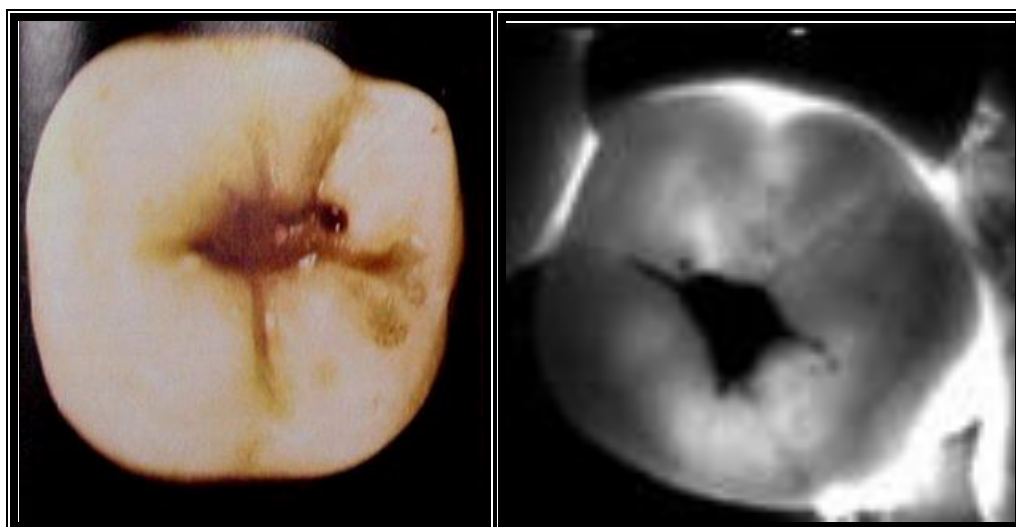


Gráfico 39. Izquierda: Apariencia visual de una superficie oclusal. *Tomado de Wenzel et al., 1992* Derecha: Transiluminación de la superficie oclusal. *Tomado de Electro-Optical Sciences, Inc., 2002.*

El beneficio del método TIFO sobre el método radiográfico en la detección de caries, es la ausencia de las radiaciones ionizantes, además de no requerir de un costoso y pesado equipo para su ejecución. La TIFO podría ser aplicada en estudios epidemiológicos o en aquellos estudios donde la validación no es posible<sup>29</sup>.



Sin embargo este método tiene sus limitaciones. Primero: la imagen no es estandarizada; la posición y orientación de la fuente de luz, así como la vista del observador son altamente variables. Segundo: Las variables a medir dependen de la habilidad del observador, la interpretación es subjetiva y el diagnóstico dado puede estar sujeto a considerables variaciones, tanto en el mismo observador como entre observadores. Tercero: TIFO proporciona únicamente valores cualitativos sobre el estatus superficial<sup>25</sup>.

Por lo tanto, se requiere de valores cuantitativos para valorar la extensión de la enfermedad a través del tiempo, ya que los criterios de elección del tratamiento se basan en la actividad de la caries en el paciente<sup>25</sup>.

TIFOID permite obtener y proyectar imágenes instantáneas, además, las imágenes obtenidas durante las distintas exploraciones pueden compararse para detectar los cambios clínicos del diente a lo largo del tiempo<sup>40</sup>. Ésto permite monitorizar la actividad de caries y cuantificar el proceso<sup>25</sup>.

#### 3.1.4.- Método táctil

Durante los últimos 10 años han existido grandes

controversias con respecto a la utilización del explorador para diagnosticar caries dental. Históricamente, el explorador fue defendido como una herramienta necesaria para el diagnóstico de caries, es por ello, que tan pronto la punta del explorador era retenida dentro de la fosa o fisura, o dentro de una cavidad, se indicaba la colocación de una restauración<sup>12</sup>.

#### 3.1.4.1.- Equipo del método táctil

El explorador es un instrumento de detección tosco e impreciso. Diversos estudios en Europa reportaron que el uso del explorador no es correcto en más del 50% de las veces. En ciertos países europeos no lo utilizan como una herramienta de detección de caries dental<sup>43</sup>.

Actualmente se desaconseja el uso agresivo de exploradores dentales afilados para el diagnóstico de la caries, ya que pueden dañar irreversiblemente el estrato superficial<sup>5</sup> y producir defectos traumáticos irreversibles<sup>44</sup>. Es por ello, que el examen táctil obtenido a través del uso de una sonda, es el utilizado en el proceso diagnóstico<sup>7</sup>.

#### 3.1.4.2.- Objetivo del método táctil

Es ilógico utilizar un explorador de punta aguda en una

lesión de caries sin cavidad, sobre todo si esta lesión puede ser remineralizada o puede ser manejada con el empleo de técnicas conservadoras (sellantes o microrestauraciones). Existe evidencia que muestra la inexactitud de este método para el diagnóstico de caries dental, ya que la aplicación de una pequeña fuerza con un explorador produce un daño sobre la superficie del diente y convierte la lesión de mancha blanca en una cavidad<sup>12</sup>. Gráfico 40



Gráfico 40. Micrográficos que ilustran los defectos traumáticos típicos. Todas las fosas oclusales y defectos están llenos con material de la placa pigmentado. Las flechas indican la superficie de los depósitos pigmentados. Tomado de Ekstrand y Thylstrup, 1987.

Por esta razón, los exploradores no deben ser utilizados

para penetrar ninguna fosa o fisura o cualquier superficie del diente; su uso es antiético en lesiones de fosas y fisuras no cavitadas o en lesiones incipientes de mancha blanca. Una sonda periodontal de punta roma debe ser utilizada cuando se requiera limpiar la superficie del diente de placa dental y debridar previo al examen clínico, así como para revisar la textura de la lesión sin penetrarla<sup>12</sup>.

#### 3.1.4.3.- Mecanismo del método táctil

La acentuación de los periquematíes del esmalte en las lesiones de aspecto tizoso (mancha blanca) crea una superficie rugosa<sup>8,11</sup> como consecuencia de la disolución del esmalte. Al pasar la sonda por esta zona se detecta la ausencia de una superficie lisa<sup>12</sup>.

La presencia de líneas blancas alrededor de las paredes de las fosas y fisuras muestra que el proceso de desmineralización de la caries ha ocurrido<sup>12</sup>.

Además, si el área es accesible el reblandecimiento de la superficie podría valorarse con una sonda periodontal de punta roma, la cual ejerce una ligera presión lateral sin penetrar la lesión<sup>12</sup>.

#### 3.1.4.4.- Ventajas y desventajas del método táctil

La utilización de un explorador como el método para examinar lesiones de fosas y fisuras aún es aplicado, probablemente esto se debe a su fácil aplicabilidad, así como, a la falta de familiarización con los métodos alternativos y quizás también a la presunción de que el sondaje con un explorador es un método confiable. Estudios realizados por Penning *et al.*, demostraron que la sonda no es un método confiable para el diagnóstico de la caries de fosas y fisuras<sup>45</sup>.

Existen efectos adversos potenciales con el uso del explorador para detectar caries dental, como lo son el peligro de transferir bacterias cariogénicas (*Streptococcus mutans*) desde la zona infectada hasta otra fisura no infectada y el daño (pérdida de la integridad superficial) a las superficies con lesiones de caries inicial; ambos efectos adversos podrían favorecer el desarrollo de lesiones, así como facilitar su progresión<sup>31,45</sup>.

#### **3.2.- Métodos complementarios para el diagnóstico de la lesión inicial de caries**

Siempre que sea posible, cualquier método diagnóstico nuevo debe ser experimentado antes de su empleo clínico. Se necesitan estudios controlados tanto de laboratorio como

clínicos, para determinar si los nuevos sistemas alteran el diagnóstico, tratamiento o pronóstico en comparación con los métodos convencionales<sup>46</sup>.

En el experimento de laboratorio, se puede comprobar la precisión (validez), que indica hasta que punto el método en cuestión mide lo que se pretende. Para comprobar la precisión, el resultado obtenido debe ser comparado con el diagnóstico verdadero obtenido mediante un método de referencia o de validación, también denominado *estándar*. El método que permite cumplir con la medición del estado de desmineralización es la validación histológica<sup>46</sup>.

El uso adecuado de cualquier método diagnóstico depende del odontólogo, quien es responsable del diagnóstico de caries de su paciente. El diagnóstico se basa en la información organizada y registrada de la historia clínica; el resultado de los diferentes métodos diagnósticos y en el conocimiento y la experiencia del profesional<sup>46</sup>.

### 3.2.1.- Métodos radiográficos

#### 3.2.1.1.- Técnica digital directa

En los inicios de la era digital, la imagen se obtenía

mediante la digitalización de la placa radiográfica, procesada por una cámara de video o escáner, a lo que se denominó radiografía digital indirecta<sup>46</sup>.

A pesar de haberse obtenido un incremento de la sensibilidad con esta técnica, era acompañada de un aumento en el porcentaje de resultados falsos positivos<sup>46</sup>.

Los sistemas de radiografía digital directa (RDD), constan de un nivel de precisión similar al de las placas dentales actualmente disponibles en el mercado, para detectar lesiones de caries dental<sup>40</sup>. Es un método prometedor para la detección de caries no cavitadas y en el diagnóstico de caries secundaria<sup>10</sup>.

Gráfico 41

#### 3.2.1.1.1.- Equipo de la técnica digital directa

En la actualidad los profesionales pueden elegir entre dos receptores bien establecidos: el sensor de dispositivo de carga acoplada (DCA) y la plancha de fósforo de almacenamiento o fósforo fotoestimulable (FFE)<sup>46</sup>.

En los sistemas de DCA, un cable conecta el sensor con un ordenador, y la imagen aparece casi de forma inmediata en el

monitor tras la exposición del sensor<sup>46</sup>. Gráfico 42

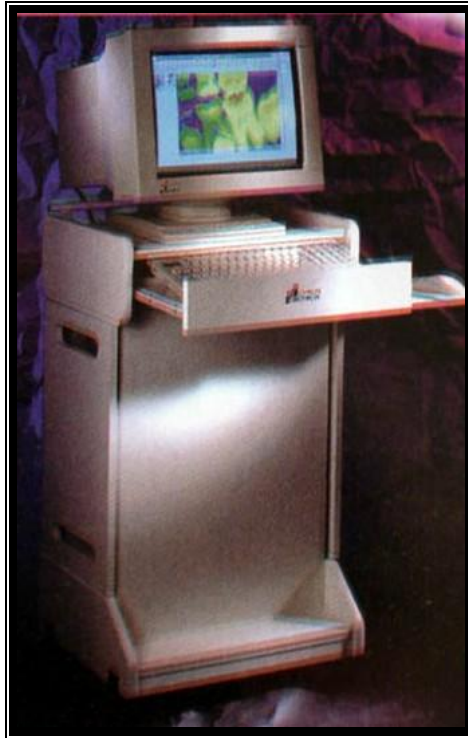


Gráfico 41. Equipo de radiografía digital Schick Technologies Inc, NY, EE.UU. *Tomado de Barrancos, 1999.*

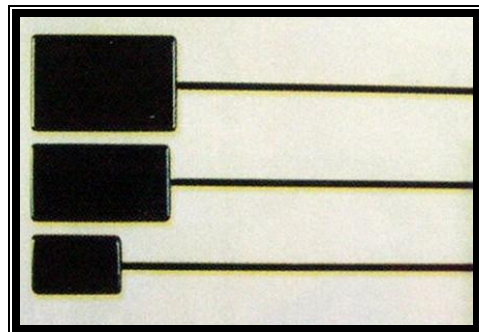


Gráfico 42. Sensores CCD (Trophy Radiology S.A.). *Tomado de Wenzel, 2000*



En el sistema de FFE, la plancha se expone a los rayos X y se crea una imagen latente. La información contenida en la plancha es emitida tras la estimulación por luz de una onda concreta, y es captada con un escáner de láser<sup>46</sup>. Gráfico 43

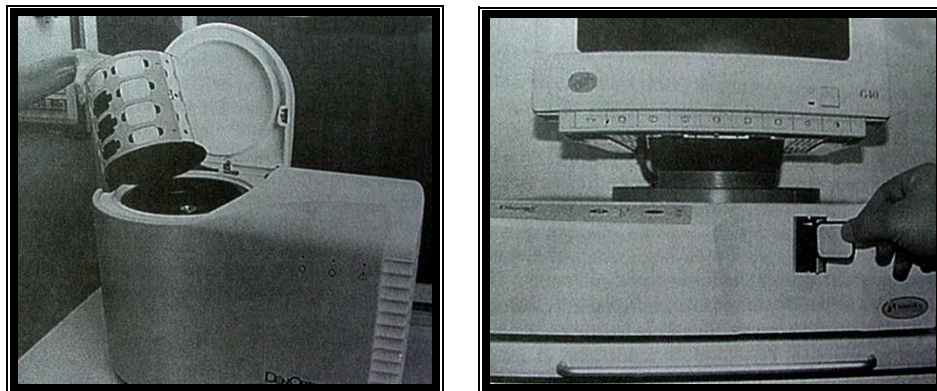


Gráfico 43. Izquierda: escáner multiplancha de DentOptix (Dentsply)  
Derecha: escáner multiplanchaFMX de Digora. *Tomado de Wenzel, 2000*

#### 3.2.1.1.2.- Objetivo de la técnica digital directa

Las lesiones de caries proximal se han diagnosticado clásicamente mediante la inspección visual, combinada con la interpretación radiográfica. Sin embargo, la radiología presenta muchas limitaciones, es por ello, que se introdujo la radiografía digital directa con la finalidad de eliminar dos de las principales desventajas de la película dental; la manipulación de las imágenes y la reducción de las radiaciones ionizantes<sup>40</sup>.

La técnica radiográfica digital elimina el uso de las

emulsiones de sales de plata de la radiografías con rayos X, en su lugar, se capturan las imágenes a través de una plancha de imágenes de fósforo fotoestimulado o un dispositivo acoplado a un cargador que puede mejorar la detección de la caries dental (Gráfico 44). Algunos sistemas permiten un pequeño incremento de la sensibilidad del método sin reducir su especificidad<sup>27</sup>.

#### 3.2.1.1.3.- Mecanismo de la técnica digital directa

El receptor utilizado para captar la imagen digital es llamado dispositivo CCD. Similar al utilizado en las cámaras de video para capturar las imágenes fotográficas, el cual es un cargador acoplado a un sensor con pixels o un circuito que permite que las imágenes sean grabadas sobre la lámina o

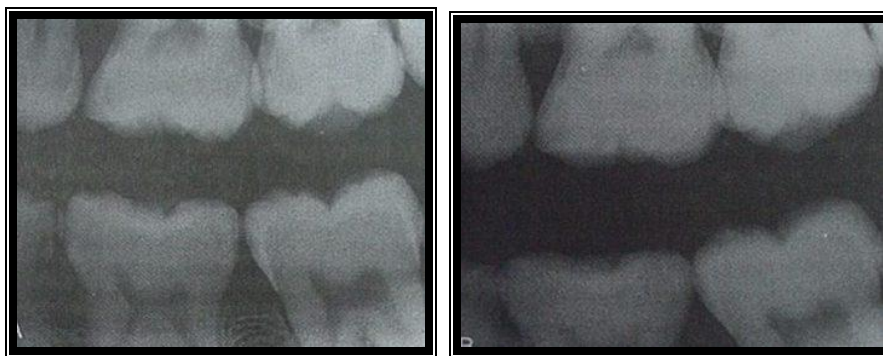


Gráfico 44. Imágenes de mordidas tomadas con radiografía digital directa.

*Tomado de Wenzel, 2000*

plancha de imágenes de el sensor y transmitirlo a la

computadora<sup>47</sup>. Las imágenes obtenidas con esta tecnología son digitales y pueden ser procesadas o analizadas para mejorar la realización del diagnóstico<sup>27</sup>. Gráfico 45 y 46

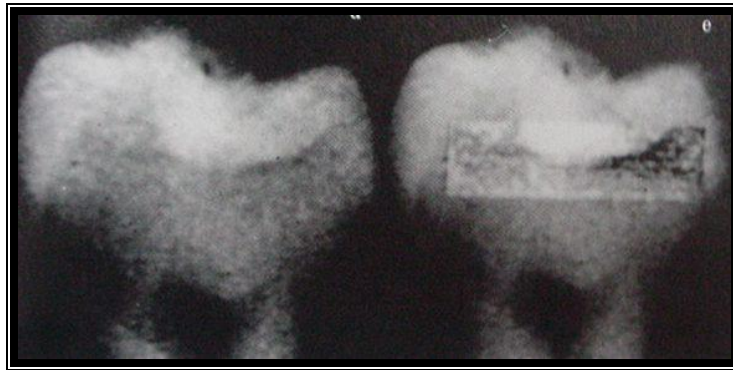


Gráfico 45. Radiografía digitalizada. *Tomada de Wenzel, 1992*

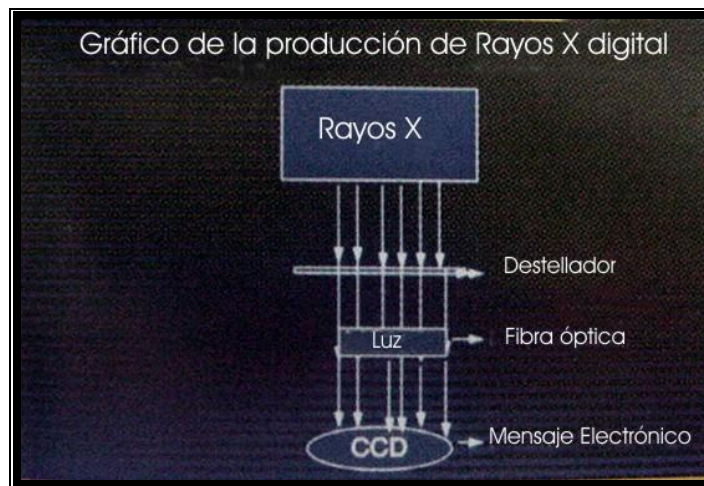


Gráfico 46. Diagrama del equipo de radiografía digital.  
*Tomado de Wolfgang, 2001*

#### 3.2.1.1.4.- Ventajas y desventajas de la técnica digital directa

Distintos estudios demostraron las ventajas de la RDD

sobre las radiografías convencionales:

- Sus características de contraste y densidad pueden modificarse según la tarea diagnóstica. La imagen digital es dinámica. Una placa radiográfica con densidad insuficiente exige una nueva exposición, mientras que en la imagen digital es posible realzar numéricamente el contraste y la densidad para optimizar la calidad.
- Los receptores digitales directos ofrecen un margen dinámico más amplio que el de la placa.
- En la RDD se eliminan los errores asociados al procesamiento en un medio húmedo
- La dosis de exposición debería ser menor, los sistemas de RDD necesitan de sólo un 10–50% de exposición en comparación con una placa Ekta convencional, para crear una imagen de calidad aceptable.
- El tiempo transcurrido desde la exposición hasta la presentación de la imagen en la pantalla es menor.
- No es necesario un cuarto oscuro para el procesamiento. Es un procesador automático<sup>47</sup>.
- El archivo y transmisión de las imágenes es más sencillo en la actualidad<sup>46</sup>.

Con respecto a las desventajas, se tiene el hecho de que el

tamaño de los sensores es limitado, así como su rigidez y grosor, por lo cual, no pueden ser tolerados por algunos pacientes, cuando se obtienen imágenes coronales<sup>47</sup>.

A pesar de que algunos autores mencionan que el equipo requiere que se tomen pocas medidas para el control de infecciones<sup>47</sup>, en la radiografía intrabucal digital, el receptor se reutiliza de manera indefinida, lo que significa el problema del control de infección cruzada. Las consideraciones de índole económica pueden ser otra de las limitantes para la implementación de este sistema en la consulta odontológica<sup>46</sup>. Además, se requiere de un espacio adicional para la colocación del equipo y no existe una estandarización del formato para almacenar las imágenes<sup>46,47</sup>.

Los receptores radiográficos intrabucales digitales actuales parecen ofrecer un rendimiento de precisión diagnóstica similar al de la placa convencional. Si embargo, la imagen radiográfica es todavía una reproducción bidimensional de estructuras tridimensionales<sup>46</sup>.

En el futuro, es probable que métodos como la tomografía computarizada, presenten una mayor precisión diagnóstica para

la caries dental<sup>46</sup>.

#### 3.2.1.2.- Técnica de Cono paralelo

La técnica radiográfica coronal muestra la corona dental y el hueso marginal en los maxilares superior e inferior en la misma exposición. Es una técnica bien establecida y la más fiable para el diagnóstico de caries. Si la placa se coloca adecuadamente, una radiografía de cada lado es suficiente en la mayoría de los pacientes<sup>46,48</sup>.

##### 3.2.1.2.1.- Equipo de la técnica de cono paralelo.

La radiografía dental puede ser entendida como la imagen fotográfica de un diente producida mediante la utilización de rayos X. Durante el proceso de obtención de la imagen radiográfica, hasta el momento que esta es evaluada por el observador, la imagen puede verse afectada por múltiples factores que pueden tener influencia sobre el diagnóstico final:

- El kilovoltaje: determina el poder de penetración o calidad de los rayos X. El rango diagnóstico para odontología es de 60 a 75 kilovoltios, el más utilizado es entre 65 y 70 kilovoltios.
- El miliamperaje: determina la cantidad de rayos X.
- El tiempo de exposición: determina el tiempo durante el

cual el equipo emana radiación, por lo que también regula la cantidad de rayos X.

- La distancia focal: es la distancia que los rayos X recorren desde el punto de origen en el aparato (punto focal) hasta la película. A mayor distancia focal menor ángulo de proyección y por ende, una imagen de dimensiones similares a la estructura examinada.<sup>49</sup>

Gráfico 47



Gráfico 47. Dispositivos de la técnica de cono paralelo.

Los componentes de las películas intrabucales directas son:

- Cubierta exterior a prueba de agua y de luz: en la cual puede estar impresa información acerca del contenido de esta película, que incluye la casa fabricante, la velocidad de exposición y el número de piezas que

contiene. Gráfico 48



Gráfico 48. Películas intrabucales.

- Cubierta de papel interna: la cual actúa como un protector adicional de la luz, en caso de un daño a la cubierta externa.
- La película de rayos X: ambos lados de la película intrabucal están cubiertas por emulsión, la cual es específicamente sensitiva a las ondas de los rayos X.
- Conductor de metal delgado; su finalidad es colocarse detrás de la película, en el lado contrario al tubo para así absorber la dispersión de los rayos X y prevenir que se degrade la imagen<sup>50</sup>.

#### 3.2.1.2.2.- Objetivo de la técnica de cono paralelo

Prácticamente desde el descubrimiento de los rayos X por



Wilhelm Conrad Roentgen en 1895, las radiografías han sido utilizadas para estudiar los efectos de la caries dental sobre los tejidos duros. Las radiografías fueron primero utilizadas para el diagnóstico de lesiones de caries en las superficies proximales de los dientes, que no eran posibles detectar con la inspección visual<sup>27</sup>.

Estas fueron luego utilizadas para suplementar el examen clínico de la superficies oclusales, en la detección de caries de fosas y fisuras<sup>27</sup>.

Una radiografía debe suministrar la información requerida para permitir el diagnóstico. Es esencial limitar las exposiciones al paciente de los rayos X a un mínimo, para disminuir el riesgo tanto como sea posible. Pero la calidad del diagnóstico implica una mayor exposición, es decir, que una cantidad mayor de información puede obtenerse con una altísima exposición<sup>15</sup>.

Es posible detectar pequeñas lesiones proximales, tratables con cuidados preventivos. Sin embargo, con las radiografías coroneales no es posible detectar lesiones tempranas a nivel oclusal cuando son confinadas sólo al esmalte<sup>15</sup>. Gráfico 49

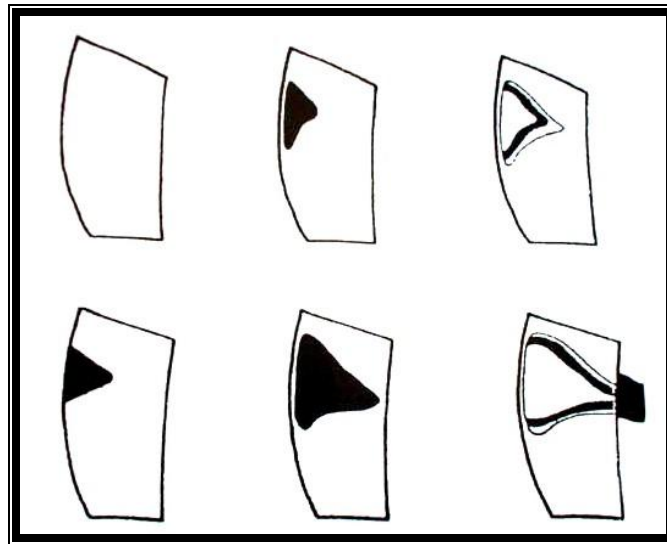


Gráfico 49. Según Silverstone la caries adamantina sólo es detectable radiográficamente cuando ha penetrado en la dentina subyacente. Arriba, de izquierda a derecha: imagen radiográfica, imagen microscópica, imagen histológica. Abajo, ídem. *Tomado de Seif, 1997.*

Las radiografías deben ser muy oscuras y estar bien contrastadas para proporcionar una base óptima que permita el diagnóstico de la caries. Además de mostrar un buen contraste, las radiografías deben tener la nitidez suficiente para permitir el diagnóstico de la caries y definir los límites entre el tejido normal y el tejido afectado<sup>46</sup>.

### 3.2.1.2.3.- Mecanismo de la técnica de cono paralelo

El diagnóstico radiográfico de la caries dental, está fundamentado en el hecho, de que el proceso de la caries conlleva a una pérdida del contenido mineral del esmalte y de la

dentina; lo cual resulta en la disminución o atenuación del rayo del aparato de rayos-X que pasa a través del diente. Esto es registrado en un receptor de imagen como un incremento de la densidad radiográfica. Este incremento de la densidad radiográfica debe ser detectado por el clínico como un signo de caries dental<sup>27</sup>.

Muchos factores pueden afectar la habilidad para el diagnóstico preciso de las lesiones de caries dental: los parámetros de exposición, los tipos de radiografía, el procesamiento de la imagen, los sistema de exposición, las condiciones para su interpretación y la experiencia y entrenamiento del observador<sup>27</sup>. Los odontólogos deben observar con cuidado la radiografía para detectar lesiones de caries que se encuentran en etapas incipientes. Es por ello, que se sugiere la utilización de lupas magnificadoras y una adecuada iluminación<sup>35</sup>. Gráfico 50

Las radiografías con densidad insuficiente pueden tener un rendimiento diagnóstico menor que las imágenes con densidad y contraste óptimos. El aumento de la densidad sin deterioro del contraste sólo puede lograrse mediante el incremento de la dosis de radiación<sup>51</sup>.

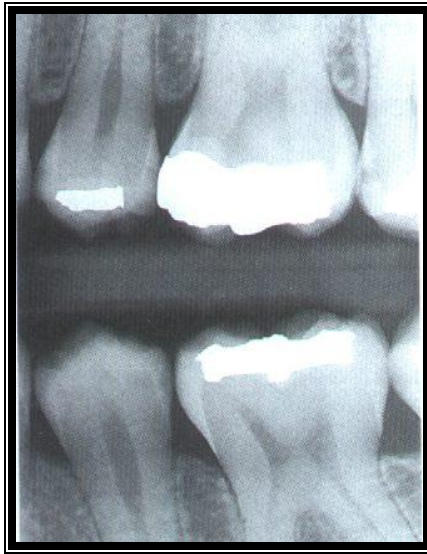


Gráfico 50. Radiografía coronal para diagnosticar caries proximales.

#### 3.2.1.2.4.- Ventajas y desventajas de la técnica de cono paralelo.

Las radiografías pueden incrementar la sensibilidad del diagnóstico clínico y pueden ser utilizadas en la detección de lesiones oclusales que han alcanzado la dentina. Pero están asociadas con el inevitable riesgo de las radiaciones ionizantes<sup>15,28</sup>. A pesar de ello, la literatura concluye que la dosis de exposición de una radiografía oclusal es excesivamente pequeña, si se le compara con el contexto de las exposiciones médicas, sin embargo la dosis generada por este procedimiento es un problema<sup>36</sup>.

Para que una radiografía sirva como medio diagnóstico aceptable debe considerar los siguientes factores:

- Los dientes superiores e inferiores deben observarse por igual.
- Ausencia de superposiciones, excepto en los casos de mal alineamiento dentario.
- Debe tener suficiente contraste para distinguir el esmalte de la dentina, y suficientemente oscura en las áreas vacías de la imagen<sup>52</sup>.

Estudios concluyeron, que el examen clínico sólo, generalmente detecta menos de un 50% del total de lesiones proximales encontradas con la aplicación de este método y el examen radiográfico en conjunto. Mientras que el examen radiográfico realizado, sin compararlo con el examen visual, generalmente detecta el 90% del número total de lesiones proximales<sup>53</sup>.

La radiografía carece de valor para el diagnóstico de lesiones iniciales de caries oclusal en el esmalte<sup>46</sup>, porque hay mucho tejido sano que atenúa el haz<sup>43</sup>. Para el diagnóstico de lesiones de caries proximales en la dentina, los métodos radiográficos presentan una sensibilidad, una especificidad y un valor predictivo adecuados, no así para las lesiones limitadas al esmalte<sup>46</sup>.

La repetición de radiografías se debe frecuentemente a la densidad insuficiente de la imagen, por un procesamiento inadecuado de la placa, lo que hace que se incremente el número de exposiciones<sup>46</sup>.

Los métodos radiográficos son esenciales para diagnosticar las lesiones de caries interproximales. Sin embargo, no parecen tener la suficiente especificidad o sensibilidad para diagnosticar con exactitud lesiones no cavitadas<sup>10,25</sup>.

### 3.2.2.- Método de conductancia eléctrica

La detección de la caries oclusal a través del método visual y radiográfico es difícil. La idea de diseñar un método eléctrico que permita detectar caries dental data del año 1878 y se atribuye a Magitot<sup>6,20,40</sup>.

Mayuzumi y Zuzuki *et al.* midieron la impedancia eléctrica de los dientes y reportaron que los valores de impedancia en los dientes intactos fue mayor a los 600 kilohms (K) entre la superficie de las fosas y fisuras y la mucosa bucal<sup>54</sup>.

#### 3.2.2.1.- Equipos del método de conductancia eléctrica

Las diferencias entre la conductancia eléctrica del esmalte

cariado y sano, ha permitido el desarrollo y empleo de varios instrumentos<sup>40</sup>:

El Vanguard electronic caries detector® (Massachusetts manufacturing Corp., InterLeuven Laan, Cambridge, MA). Sirve para medir la conductancia eléctrica entre el extremo de una sonda colocada en el interior de la fisura y un conector unido a un área de elevada conductividad (encía o piel)<sup>40</sup>.

La conductancia medida se convierte a una escala ordinal que va de 0 al 9. Los restos de líquido y saliva se retiran mediante un chorro continuo de aire que permite eliminar la conductancia de la superficie<sup>40</sup>.

El Caries Meter L ® (G-C International Corp., Leuven, Bélgica) fue diseñado para obtener de forma sencilla los valores de impedancia entre el diente y la mucosa bucal. El equipo es pequeño y portátil. La impedancia eléctrica se basa en un sistema de cuatro luces de colores verde, amarilla, naranja y roja<sup>40,54</sup>. Gráfico 51

Cuando la luz verde se enciende, el valor de la impedancia eléctrica entre el diente y la mucosa oral es alrededor de 600 K,

lo cual indica que el diente está sano. La luz amarilla muestra una impedancia entre 250 y 600 K, lo que implica que el diente tiene caries a nivel del esmalte. Una luz naranja muestra valores entre 15 y 250 K donde la caries dental se ha extendido hasta la dentina. La luz roja indica una impedancia inferior a los 15 K donde la lesión de caries se ha extendido hasta la pulpa del diente, por lo cual está expuesta a una infección bacteriana<sup>54</sup>.

Para asegurar un buen contacto eléctrico y reducir al mínimo el efecto de la saliva el Caries Meter L requiere humedecer las fosas y fisuras con suero salino<sup>40</sup>.

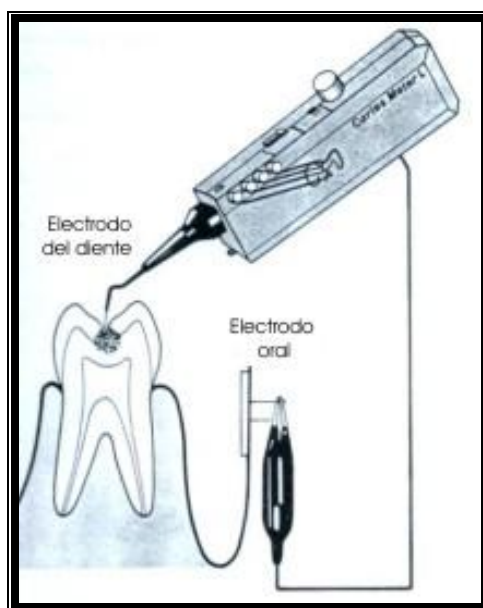


Gráfico 51. Conexión del Caries Meter L a la cavidad bucal. El electrodo del diente es conectado a la lesión de caries y el electrodo bucal a la placa metálica colocada en la mucosa bucal. *Tomado de Sawada et al., 1986*



Para prevenir la polarización, estos sistemas utilizan voltaje alterno de baja frecuencia (25 Hz para el Vanguard electronic caries detector y 400 Hz, para el Caries Meter L)<sup>40</sup>.

El Electronic Caries Monitor ® o ECM (Lode Diagnostic, Groningen, ECR, The Netherlands) fue descrito por primera vez en 1951. Este método se basa en la detección del incremento de la conductividad eléctrica que resulta de la reducción en el contenido mineral del esmalte cariado<sup>55</sup>.

Al incorporar la sonda con el fluido de aire coaxial; la resistencia del diente es medida en la zona donde la punta de la sonda contacta, mientras el esmalte alrededor es secado a través del flujo de aire coaxial (7,5 litros/minuto). Cuando una lectura estable es tomada, el instrumento da una señal audible que es mostrada en una pantalla digital en el panel frontal del instrumento<sup>55</sup>. Esta puede presentarse en un rango entre -1,00 a 13,00. El umbral para la caries en dentina de acuerdo a las instrucciones del fabricante es aproximadamente 6,00<sup>57</sup>. Gráfico

52

El Electronic Caries Monitor ® tipo IIb (Borsboom, Sensortechnology and Consultancy BV, Westeremden, The

Netherlands) el cual opera con los mismos principios del sistema Vanguard, fue desarrollado en 1980<sup>56</sup>.

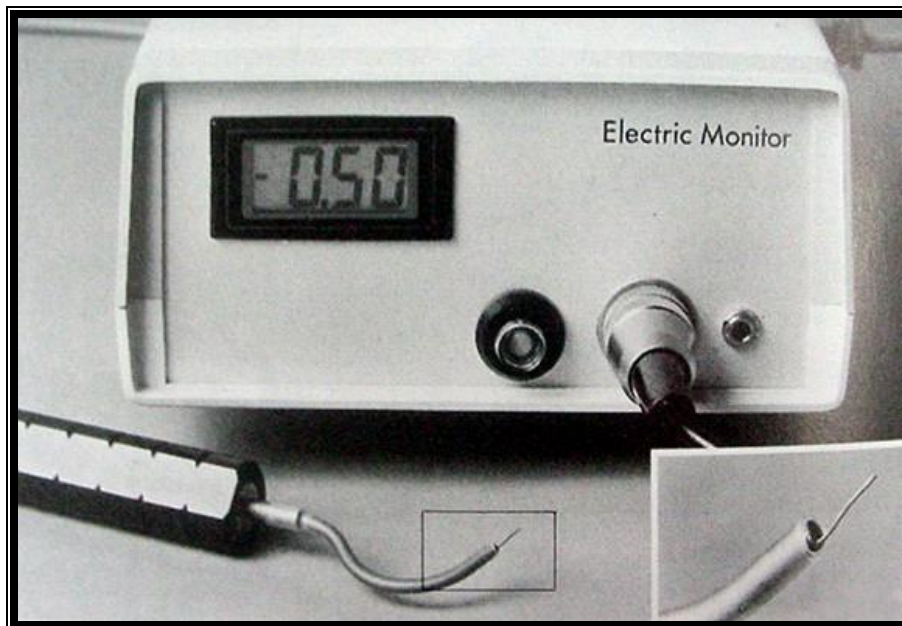


Gráfico 52. El Electronic Caries Monitor® con detalles del explorador. Se muestra el tubo con el cual seca la superficie. *Tomado de Lussi et al., 1995.*

El sistema Electronic Caries Monitor puede utilizarse para detectar caries en un lugar en particular de la superficie del diente; la punta de una sonda es colocada en un punto de la superficie. También puede utilizarse para medir toda la superficie oclusal, pero cubriendo antes la misma con un medio conductor. La utilización de la medición total de la superficie aún no ha sido apropiadamente comprobada o comparada con otros

sistemas diagnósticos disponibles<sup>56</sup>.

#### 3.2.2.2.- Objetivo del método de conductancia eléctrica

El principio de este sistema fue por primera vez descrito por Pincus en 1951. La desmineralización del esmalte incrementa su permeabilidad a los fluidos bucales y consecuentemente, su resistencia a la fluidez de pequeñas descargas eléctricas<sup>34,56</sup>. Este método se basa en detectar el incremento de la conductividad eléctrica que ocurre como resultado de una reducción en el contenido mineral del esmalte, producido por la caries<sup>40</sup>.

La teoría en la cual se basa el uso de las mediciones de la conductancia eléctrica, consiste en el hecho de que las superficies sanas presentan una conductividad limitada o nula, mientras que el esmalte cariado o desmineralizado tiene una conductividad medible, que aumentará en paralelo a la desmineralización<sup>40</sup>.

#### 3.2.2.3.- Mecanismo del método de conductancia eléctrica

La baja conductancia eléctrica de un diente sano es causada principalmente por el esmalte<sup>55</sup>. El esmalte sano es un buen aislante eléctrico debido a su alto contenido inorgánico. La

conductividad eléctrica del diente cambia con la desmineralización<sup>34,56</sup>. En una zona determinada del esmalte donde exista hipocalcificación o desmineralización, los poros presentan un gran volúmen; por lo tanto, la conductancia eléctrica aumenta considerablemente<sup>55</sup>. El incremento en la conductividad se debe al desarrollo de cavidades microscópicas desmineralizadas dentro del esmalte, que son llenadas con saliva<sup>34</sup>, la cual se convierte en un medio conductor<sup>13</sup>.

La impedancia eléctrica se modifica con la desmineralización, aún cuando la superficie permanece macroscópicamente intacta<sup>31</sup>. Se sabe que la resistencia eléctrica de un diente con caries es menor a la de un diente sano<sup>54</sup>. El flujo aéreo es vital en la conductancia eléctrica para eliminar la humedad superficial y reducir la posibilidad de conductancia gingival<sup>40</sup>. Gráfico 53

#### 3.2.2.4 Ventajas y desventajas del método de conductancia eléctrica

El procedimiento diagnóstico a través del Caries Meter L® es fácilmente realizado sin provocar dolor, porque la corriente eléctrica generada es menor a un microamperio<sup>54</sup>. Se ha demostrado que la conductividad eléctrica es un método

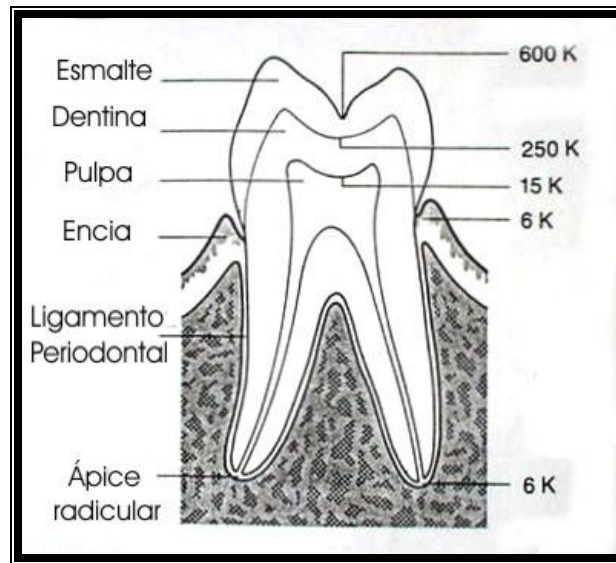


Gráfico 53. Valores de impedancia eléctrica entre cada porción del diente y la mucosa bucal. Tomado de Sawada, 1986

globalmente satisfactorio para detectar caries oclusales *in vitro* e *in vivo* y las caries proximales *in vitro*<sup>40</sup>.

Ricketts *et al*<sup>40</sup>. observaron que el uso de lecturas de conductancia estable es más reproducible y requiere menos tiempo que la utilización de lecturas de resistencia acumulada, aunque ambas lecturas permiten obtener elevados niveles de sensibilidad y especificidad<sup>40</sup>. Cuando el electrodo es colocado en el diente en contacto con la fosa y fisura o la lesión de caries, el diagnóstico se realiza inmediatamente al encenderse la luz<sup>54</sup>. A medida que se reduce el grosor y aumenta la porosidad del esmalte, la determinación de la resistencia eléctrica presenta

una validez igual o superior a los métodos más tradicionales para diagnosticar lesiones de caries en las fosas o fisuras<sup>40</sup>.

Esta nueva herramienta permite al odontólogo hallar caries incipientes y diagnosticar la condición del órgano pulpar sin causar dolor al paciente<sup>54</sup>. Sawada *et al.*<sup>54</sup> recomendaron tratamientos basados en el diagnóstico del Caries L Meter ®. Dichos métodos de tratamiento se muestran en la siguiente tabla<sup>54</sup>: Tabla I.

Valores de Impedancia (kilohms)	Color de la luz	Extensión de la caries	Tratamiento
>600	Verde	Diente intacto	Ninguno
600 – 250	Amarilla	Caries en esmalte	Observar cambios
250 – 15	Naranja	Caries en dentina	Restauración
<15	Roja	Exposición pulpar	Tto. de la pulpa

Tabla I. Extensión de la caries dental indicado por el Caries Meter L® y recomendaciones de tratamiento. *Tomado de Sawada, 1986.*

White *et al.* mostraron que la medición de la resistencia eléctrica, es más exacta que el examen clínico visual. Y que el

Vanguard electronic caries detector® tiene el potencial de monitorear la progresión de la enfermedad, sin embargo, esto aún está bajo investigación<sup>6</sup>. Desafortunadamente, tanto el Vanguard como el Caries Meter L no fueron producidos en cantidad y no están en la actualidad disponibles comercialmente<sup>4</sup>.

Según Verdonshot *et al.*<sup>16</sup>, la herramienta diagnóstica con mayor precisión para la detección temprana de la caries oclusal es la medición de la conductancia eléctrica; ya que posee excelentes habilidades para localizar dentina cariada por debajo de las fisuras y posee habilidades aceptables para identificar fisuras no cariadas<sup>16</sup>.

El Electronic Caries Monitor® no es un sustituto del examen visual convencional ni del método radiográfico, los cuales son mejores a la hora de predecir la necesidad de un tratamiento invasivo; pero puede ser utilizado como una ayuda suplementaria en la identificación y monitoreo de zonas donde la intervención no invasiva es la indicada para controlar la caries dental<sup>6</sup>. Sin embargo, la desventaja del sistema de detección eléctrica es la pequeña dificultad en el proceso de medición del tipo de frecuencia determinada<sup>32</sup>.

### 3.2.4.- Método del aire abrasivo

El aire abrasivo fue desarrollado en 1940 como una pieza de mano alternativa a baja velocidad. The S.S White Company en 1951 introduce la unidad de aire abrasivo Aident®, la cual recibió gran popularidad debido a que no producía calor, vibración, ni ruidos al hueso<sup>58</sup>.

Con el surgimiento de la turbina el aire abrasivo fue reemplazado. Sin embargo, recientemente ha resurgido, ofreciendo una alternativa a las piezas de manos convencionales. Ya que a través de partículas microscópicas abrasivas, no tóxicas, permite la remoción rápida del esmalte, dentina, caries y restauraciones previas<sup>58</sup>.

#### 3.2.4.1.- Equipo del método de aire abrasivo

En la actualidad, cinco unidades de aire abrasivo han sido colocadas en el mercado: tres series de KCP (KCP 1000 Whisperjet ®, KPC 2000® y KCP 2000 Plus®; American Dental Technologies) (Gráfico 54), The MicroPrep® (Sunrise Technologies) (Gráfico 55) y The Kreativ® (Kreative Inc.) (Gráfico 56). La pieza de mano tubular, de la unidad de aire abrasivo puede ser esterilizada por autoclave y no requiere lubricación intensiva<sup>58</sup>.





Gráfico 54. KCP. Aparato de aire abrasivo (ADT, EE.UU.) *Tomado de Barrancos, 1999*



Gráfico 55. Sistema de abrasión por chorro de aire (Sistema de sobremesa MicroPrep). *Tomado de Aschheim, 2001*

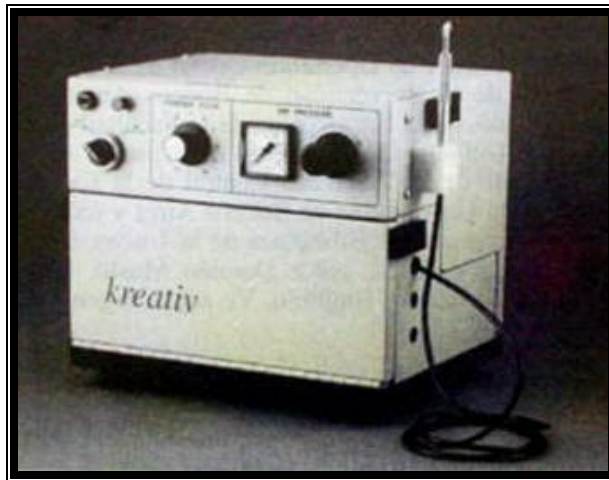


Gráfico 56.- Dispositivo de aire abrasivo MACH de Kreativ EE.UU. *Tomado de Barrancos, 1999*

#### 3.2.4.2.- Objetivo del método de aire abrasivo

El aire abrasivo ofrece nuevas opciones en el diagnóstico de caries y su restauración. La acción limpiadora del método de aire abrasivo puede eliminar tanto las manchas como el tejido orgánico debridado en preparaciones para la colocación de sellantes<sup>58</sup>.

Este método presenta una ventaja particular cuando se examinan áreas oscuras en el fondo de las fosas y fisuras. Si un área oscura sospechosa es detectada a través del examen visual, el sistema de aire abrasivo puede liberar una o varias descargas pequeñas de polvo de alpha alúmina dentro de la fosa o fisura. Si el material oscuro era simplemente una mancha o

tapón orgánico, esta acción abrasiva rápidamente eliminará todos los desperdicios y pocos micrones de estructura de tejido sano intacto<sup>58</sup>.

Frecuentemente, cortas descargas de aire abrasivo revelan caries que han sido enmascaradas por las manchas. Estas caries previamente no detectadas a través de radiografías o clínicamente pueden penetrar la dentina<sup>58,59</sup>.

#### 3.2.4.3.- Mecanismo del método de aire abrasivo

El proceso se inicia con la observación cuidadosa de zonas oscuras en los dientes a nivel del centro de las fosas y fisuras. Si es posible, la zona puede ser limpiada con una pasta de pulido de bicarbonato de sodio, para remover de esta forma las manchas, si no hay caries presente. Se vuelve a inspeccionar las áreas oscuras que no pudieron ser removidas por la pasta profiláctica<sup>58</sup>. Para obtener un mayor control de la humedad y un aislamiento seguro, el dique de goma debe ser aplicado para proteger al paciente<sup>60</sup>.

El aire abrasivo es una ayuda diagnóstica cuando se sospecha la presencia de lesiones de caries dental. Muchos autores recomiendan la eliminación de manchas oscuras en las

fosas y fisuras. Se remueven las manchas y el material orgánico debridado, lo cual permite una mejor visualización de la profundidad de las fosas y fisuras y ayuda a la detección de caries<sup>61</sup>.

La fosa o fisura limpia, donde se ha removido una pequeña cantidad de tejido dentario, puede ser restaurada con un sellante si la preparación se encuentra dentro del esmalte o resina fluida si penetró dentro de la dentina<sup>61</sup>.

La unidad de aire abrasivo permite al clínico enfocar un chorro de partículas de óxido de aluminio sobre un área específica del diente, la capacidad restaurativa de esta técnica va a depender del control que tenga el operador sobre las siguientes variables<sup>60</sup>.

Presión: mientras más unidades posibles operen entre 40 y 140 p.s.i., la más baja presión efectiva podría ser utilizada para llevar a cabo una preparación dentaria deseable. Para limpiar la superficie de una fisura previa a la aplicación de un sellante, una exposición de 40 p.s.i. es suficiente, mientras que en la remoción de una lesión de caries extensa puede requerir presiones de 80 p.s.i. o más<sup>60</sup>.

Tamaño de la punta: el rango de apertura de la punta es desde 0,015" hasta 0,027" de diámetro. Las puntas largas permiten que una mayor cantidad de partículas pasen, además se adaptan bien a preparaciones extensas. Mientras que las puntas más pequeñas se adaptan mejor a aplicaciones discretas como restauraciones preventivas de resina<sup>60</sup>.

Ángulo de la punta: dado que el ángulo de incidencia de la punta afecta la comodidad del operador durante la preparación, los fabricantes han respondido con una variedad de formas de puntas. La punta de la pieza de mano puede variar en un rango de 40° hasta 120°, lo que permite el acceso a diferentes zonas. El gráfico muestra una pieza de mano con un apunta de 90°<sup>60</sup>.  
Gráfico 57

Distancia de la punta: al mantener la distancia de la punta a menos de 2mm de la superficie a tratar, el clínico maximiza el foco de la descarga de partículas abrasivas. Si es colocada a una distancia mayor, las partículas pierden tanto la presión como su organización, lo cual resulta en la pérdida de la habilidad del corte<sup>60</sup>.

Tiempo de rocío: una exposición prolongada incrementará el

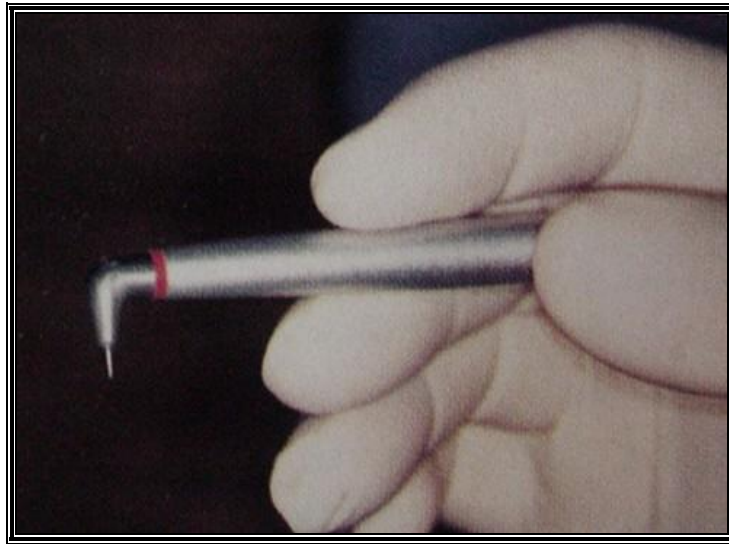


Gráfico 57 . Pieza de mano de aire abrasivo. *Tomado de Bryant, 1999*

avance de la preparación. Esto puede ser controlado con la seguridad de un buen acceso visual de la zona a tratar que permita confirmar la extensión de la preparación<sup>60</sup>.

Tamaño de la partícula: el polvo de óxido de aluminio con partículas de 27 micras es el normalmente utilizado para preparaciones intrabucuales. Algunas unidades son capaces de cargar partículas de polvo de 50 micras, pero este tamaño es mejor reservarlo para actividades extraorales debido a su excesivo corte y la dificultad de controlar el spray en exceso<sup>60</sup>.

#### 3.2.4.4.- Ventajas y desventajas del método de aire abrasivo

El sistema de aire abrasivo minimiza el calor, la vibración y

la conducción de ruidos al hueso, el corte es acompañado por presión de aire. Además, los pacientes tratados con aire abrasivo raramente requieren anestesia<sup>58</sup>.

Es una herramienta más conservadora de diagnóstico y tratamiento de caries de fosas y fisuras que los métodos convencionales. Puede erradicar por completo esas manchas oscuras, hasta llegar al tejido sano no pigmentado, ya que el operador puede controlar la duración y rango de estas descargas y preservar al máximo el tejido<sup>58</sup>.

La técnica de aire abrasivo crea una superficie rugosa en el diente apropiada para las técnicas de adhesión directas sin grabado ácido<sup>58</sup>.

Otras de las ventajas del sistema de aire abrasivo es la exactitud en el diagnóstico con preparación inmediata de la cavidad, en corto tiempo de trabajo<sup>58</sup>.

Con cualquier tipo de tecnología, el costo viene a ser un factor importante. Con frecuencia, las unidades de aire abrasivo oscilan entre \$7.995 y \$16.900, dependiendo de la casa fabricante, los accesorios y el modelo<sup>58</sup>.

### 3.2.4.- Método de ultrasonido

El ultrasonido ha sido utilizado por muchos años en la industria como un método exitoso para pruebas no destructiva<sup>63</sup>. Así como, también es utilizado en la medicina, la odontología y en la marina como energía y para propósitos informativos<sup>64</sup>.

El fenómeno percibido como sonido, es el resultado de cambios periódicos en la presión de aire contra el tímpano. La frecuencia de estos cambios tiende a ser entre 1.500 y 20.000 ciclos por segundos (Hz)<sup>63</sup>.

El sonido es la propagación de energía mecánica (vibraciones) a través de los sólidos, líquidos y gases. Por definición, el ultrasonido tiene una periodicidad mayor a los 20 kHz. A una frecuencia ultrasónica de más de 20 kHz, el sonido se propaga mejor a través de los sólidos más elásticos o casi elásticos y líquidos, particularmente aquellos con baja viscosidad<sup>64</sup>.

La inspección ultrasónica se realiza con la utilización de la técnica pulso-resonadora, donde un pulso acústico es reflejado a partir de un cambio local en la impedancia acústica y esta es detectada por la fuente original que emitió el sonido<sup>64</sup>.



En la rutina de la práctica odontológica, el ultrasonido ha sido utilizado en cirugía bucal, a través de la conversión a energía mecánica para la remoción del cálculo dental y en endodoncia para limpiar los detritus de los instrumentos dentales<sup>64</sup>.

#### 3.2.4.1.- Equipo del método de ultrasonido

El equipo contiene los mismos circuitos básicos contruidos en bloque: pulsador, generador de barrido, cronómetro, amplificador y registro (modo A, modo B, modo M)<sup>64</sup>.

Las ondas de alta frecuencia son producidas por una sonda que son dispersadas dentro del material probado y transmitidas de vuelta a la sonda. Las ondas detectadas por la sonda son transmitidas como impulsos eléctricos y vistas como resonancias sobre la pantalla de un tubo de rayos catódicos<sup>63</sup>.

La entrada del circuito monitorea el paso específico de la señal en un rango de tiempo. La señal puede ser convertida de nuevo en un registro amplificado y entonces ser evaluada por otro análogo o procedimiento digital. Con instrumentos utilizados en pruebas manuales, usualmente consta de una pantalla con un tubo de rayos catódicos en la cual la amplitud de la señal es otra

vez mostrada en su paso en el tiempo en la forma de un registro A<sup>63</sup>. Gráfico 58

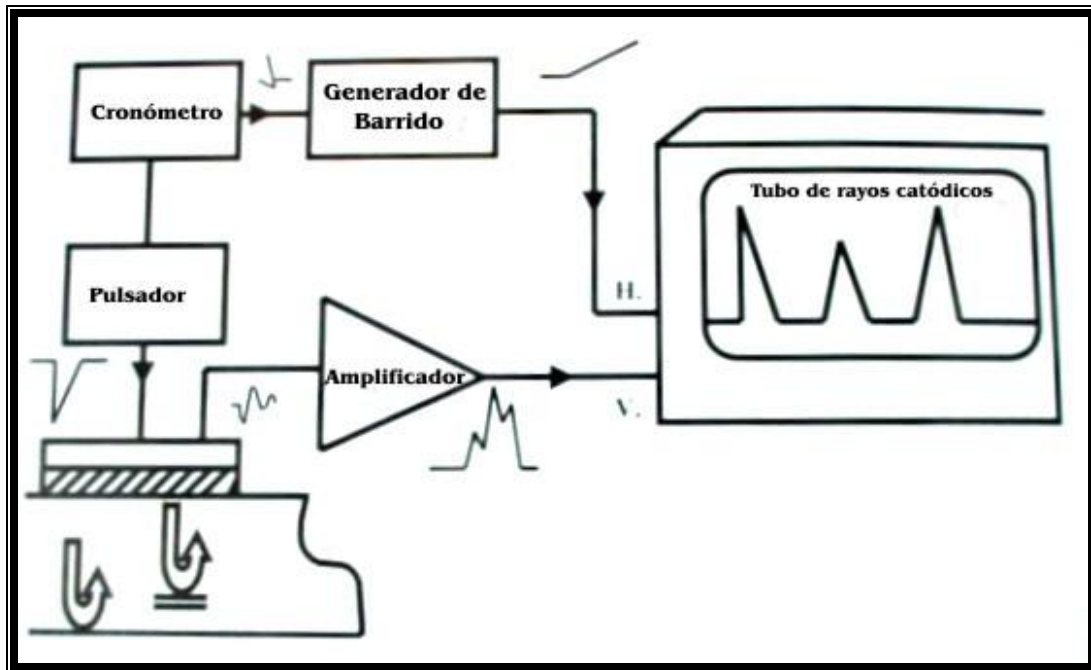


Gráfico 58. Diagrama en bloque de un instrumento básico de ultrasonido pulso-resonador que funciona con el principio de un registro A. *Tomado de Caliskan et al., 2000*

El sistema de ultrasonido Nova Scope 4500®; NTD Waltham, Mass., USA. consta de un rango de frecuencia entre 0.3 –20 MHz y de un rango de pulso de 50 – 3.450 Hz, para la detección de señales de pulso de ondas longitudinales resonantes en las superficies proximales y bucales de los dientes. Así como por una sonda Harisonic; Staveley NDT, Wash., USA<sup>63</sup>.

#### 3.2.4.2.- Objetivo del método de ultrasonido

Pocas investigaciones han estudiado el ultrasonido como método para la detección de esmalte desmineralizado y pequeñas lesiones de caries en esmalte. La impedancia acústica específica del contenido mineral del cuerpo de la lesión de caries en esmalte ha sido reportada desde 1988. La alta frecuencia del pulso-resonador de ondas ultrasónicas (18 MHz) posiblemente puede diferenciar entre esmalte sano y desmineralizado<sup>64</sup>.

El principio del método de ultrasonido son las ondas de alta frecuencia, las cuales son producidas por una sonda y propagadas dentro del material a probar y transmitidas de vuelta a la sonda<sup>63</sup>.

Mientras las superficies proximales no están expuestas a la observación visual debido a lo cerrado del contacto entre los dientes, es difícil diagnosticar temprano lesiones de caries de mancha blanca clínicamente o a través del examen radiográfico, La detección ultrasónica del esmalte desmineralizado y de las pequeñas lesiones de caries en el esmalte ha sido estudiada por muchos investigadores<sup>63</sup>.

Recientemente Bad et al.<sup>63</sup> evaluaron un instrumento

ultrasónico para la detección de caries proximal en esmalte y dentina y utilizaron la valoración histológica como estándar de referencia. Ellos reportaron una significativa correlación entre la profundidad de la lesión y la amplitud de la onda ultrasónica reflectada<sup>63</sup>.

#### 3.2.4.3.- Mecanismo del método de ultrasonido

En contraste con las imágenes de rayos X donde la imagen es producida por la radiación transmitida, en sonografía la imagen es producida por la reflexión de las ondas sonoras<sup>63</sup>.

El ultrasonido funciona a manera general según el siguiente principio, el pulsador utilizado para la sonografía genera impulsos eléctricos que son convertidos en ondas sónicas de ultra-alta frecuencia por un transductor, el cual es un mecanismo que puede convertir una forma de energía dentro de otra, en este caso, energía eléctrica en energía ultrasónica. El componente más importante del transductor es un delgado cristal piezoeléctrico. Este cambio abrupto inicia una serie de vibraciones que producen ondas sónicas las cuales son transmitidas al material probado o tejidos examinados. Como la emisión ultrasónica interactúa o pasa a través de los tejidos de diferente impedancia acústica, es atenuado por combinación de

absorción, reflexión, refracción, difusión y dispersión<sup>63,64</sup>.

Las ondas sónicas que son reflejadas retornan (resuenan) hacia el transductor y causan un cambio en el grosor del cristal piezoeléctrico, las cuales se transforman y produce una señal eléctrica que es amplificada, procesada y finalmente presentada en el monitor<sup>63,64</sup>.

La fracción de la emisión que es reflejada de vuelta a la sonda depende de la impedancia acústica del tejido, la cual es un producto de su densidad y de la velocidad acústica a través de ésta. De esta impedancia acústica, cada tejido tiene un patrón interno de resonación que es característico.

Como consecuencia, los cambios en estos patrones de resonación, no solo delinean los diferentes tejidos, sino que pueden correlacionarse con cambios patológicos en los tejidos<sup>63</sup>.

Gráfico 59

La resonancia contiene información acerca de la profundidad y localización del defecto. Los defectos son identificados fácilmente cuando el haz ultrasónico ha sido dirigido perpendicular a la superficie<sup>63</sup>. Gráfico 60.

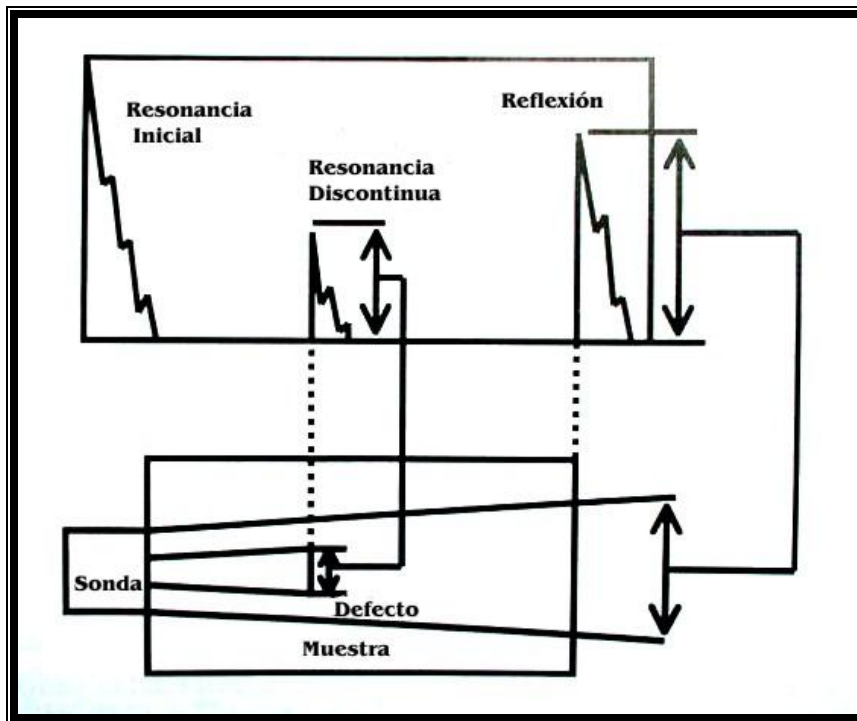


Gráfico 59. Ilustración del mecanismo de funcionamiento de la detección a través del ultrasonido por un sistema pulso-resonador. Tomado de Caliskan et al., 2000.

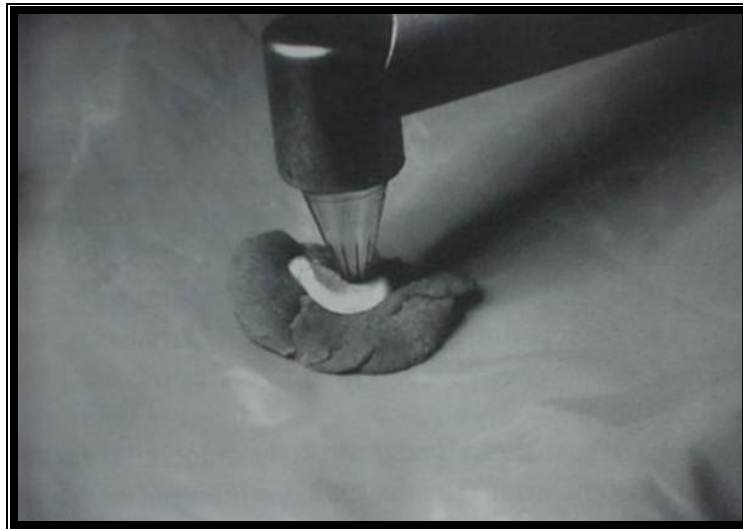


Gráfico 60 Ilustración de la sonda utilizada con el sistema (1.5-mm-de espesor estándar del esmalte). Tomado de Caliskan et al., 2000

El esmalte sano y el esmalte desmineralizado pueden diferenciarse debido a su posición resonadora en el tubo de rayos catódicos. Esto se debe a que existe una diferencia en el tiempo que tardan en viajar las ondas sónicas de un tejido a otro<sup>63</sup>.

#### 3.2.4.4.- Ventajas y desventajas

El sistema ultrasónico puede ser evaluado como un método de diagnóstico no destructivo y como un posible método para detectar y medir lesiones de caries de mancha blanca, localizadas en las superficies proximales a través de longitudes de ondas<sup>63</sup>.

#### 3.2.5.- Método láser

Se ha iniciado una nueva era en el empleo del láser en la odontología, especialmente en relación a los tejidos duros del diente. Para cualquier procedimiento que utilice el láser, deben conocerse en profundidad las interacciones ópticas entre el láser y el tejido, para asegurar que el tratamiento sea seguro y eficaz. La interacción entre el láser y el tejido se controla por los parámetros de irradiación: la longitud de onda, la emisión continua o en pulsos, la frecuencia de repetición, la duración del pulso, la energía del pulso, el tamaño del haz y el método de

aplicación, las características espaciales y temporales del haz de láser y las propiedades ópticas del tejido<sup>43</sup>.

Las propiedades ópticas se caracterizan por el índice de refracción del tejido, el coeficiente de dispersión, el coeficiente de absorción y la anisotropía de dispersión. Los efectos finales de la irradiación con láser en el tejido del diente dependen de la distribución de la energía y de la intensidad con la cual se deposita en el diente. La temperatura aumenta hasta un punto de equilibrio entre la energía depositada en un tiempo específico y la energía que se transforma en calor. El aumento de la temperatura determina si en ese punto ha cambiado la morfología o las características químicas del tejido<sup>43</sup>.

Los coeficientes de absorción y dispersión se determinan de forma experimental y son dados en valores que muestran unidades de fracción inversa de centímetros ( $\text{cm}^{-1}$ ). Para los materiales con coeficientes de absorción altos ( $>100 \text{ cm}^{-1}$ ), la energía del láser se absorbe en el espacio situado entre la superficie y unos 100 micrómetros de profundidad y se convierte en calor<sup>43</sup>.

El esmalte absorbe luz visible en la región de 400 y 700



nanómetros (nm) débilmente (coeficiente de absorción  $<1 \text{ cm}^{-1}$ ) y moderadamente (coeficiente de absorción cercano a  $10 \text{ cm}^{-1}$ ) en el UV (240 a 300 nm). Los coeficientes de dispersión se reducen con rapidez entre 240 y 700 nm e incluso, menos en la banda casi infrarroja, con valores que caen de 400 a  $15 \text{ cm}^{-1}$  entre estos límites<sup>43</sup>.

En la región del láser de neodimio (Nd):YAG a 1064 nm, el coeficiente de absorción del esmalte es bajo ( $<1 \text{ cm}^{-1}$ ) lo que implica que la luz en el espectro visible y casi infrarrojo atraviesa con facilidad el esmalte casi por completo con una mínima absorción y menor dispersión, a medida que la longitud de onda aumenta<sup>43</sup>.

El componente mineral del esmalte y la dentina es una hidroxiapatita carbonatada y puede simbolizarse con la fórmula estilizada  $\text{Ca}_{10-x} \text{Na}_x(\text{PO}_4)_{6-y}(\text{CO}_3)_z(\text{OH})_{2-u}\text{F}_u$ , lo que indica que contiene iones de , calcio, sodio, fosfato, carbonato, hidroxilo y fluoruro<sup>43</sup>.

Esta fórmula es suficiente para comprender las interacciones del láser con el mineral del diente. El esmalte y la dentina también contienen gran cantidad de agua entre los

cristales, aproximadamente un 12 y un 25% del volumen, respectivamente<sup>43</sup>. Gráfico 61

El gráfico muestra un espectro de transmisión del esmalte, que ilustra claramente las bandas de absorción, para el agua es de 3 micrómetros, el hidroxilo 2,8 micrómetros, el carbonato 7 micrómetros y el fosfato entre 9-11 micrómetros aproximadamente<sup>43</sup>.

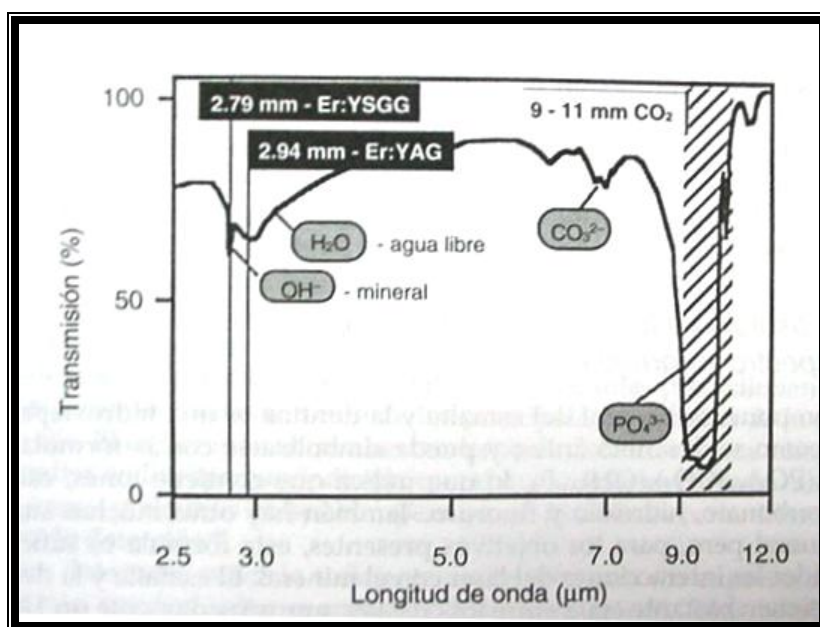


Gráfico 61. Espectro de transmisión de infrarrojos del esmalte dental que muestra las bandas de absorción (bandas que se proyectan hacia abajo desde la parte superior del espectro) para agua, hidróxilo, carbonato y fosfato. Se muestran la posición de las líneas del láser para los láseres de Er:YSGD, de Er:YAG y de dióxido de carbono para ilustrar el solapamiento con las bandas de absorción del esmalte. *Tomado de Featherstone, 2000.*

#### 3.2.5.1.- Equipo del método láser

Con la *fluorescencia de láser cuantitativa* (FLC), se desarrolló un sistema informático que recoge imágenes de las lesiones, basado en la excitación a 488 nm de un láser de argón. Se ha desarrollado una fuente de luz azul filtrada que trabaja igualmente bien y se denomina todavía QLF (del inglés *quantitative light-induced fluorescence*: fluorescencia cuantitativa inducida por luz)<sup>43</sup>.

Esta técnica es útil para las lesiones superficiales lisas, pero todavía, no se ha demostrado su utilidad en las lesiones oclusales. La luz azul es utilizada para irradiar la superficie del diente con una pieza de mano de diseño especial y la imagen fluorescente es capturada por un ordenador<sup>43</sup>. Gráfico 62

Se utiliza además, un filtro para eliminar las longitudes de onda de excitación de la luz emitida, de forma que sólo se detecte la fluorescencia. Las lesiones aparecen como imágenes poco definidas contra el fondo fluorescente brillante del esmalte sano<sup>43</sup>.

En este momento no se sabe qué provoca esta fluorescencia y por qué la caries no la emite. La sombra puede

deberse sobre todo a una mayor dispersión en la lesión. La imagen puede almacenarse, medirse y cuantificarse en términos de forma y área. Se pueden tomar imágenes similares posteriormente y por sustracción el odontólogo puede decidir sobre la inversión o progresión de la lesión<sup>43</sup>.

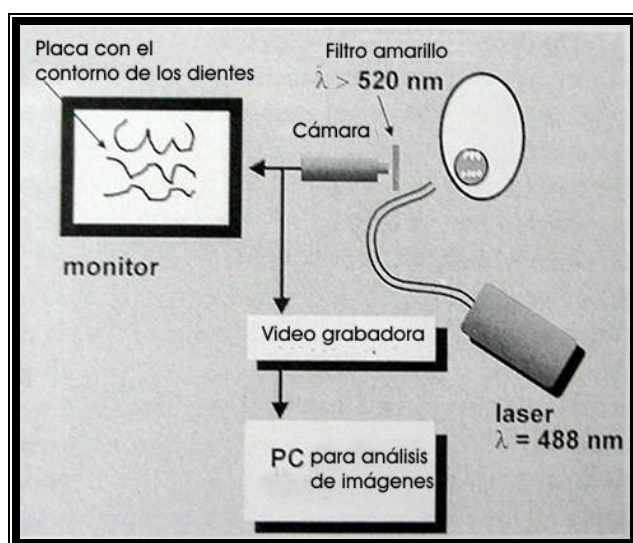


Gráfico 62. Organización esquemática del sistema visión QLF. Tomado de Josseling de Jong et al., 1995

La fluorescencia del láser se ha desarrollado para cuantificar *in vivo* los cambios del esmalte con la utilización de una microcámara de video que posee un dispositivo acoplado de carga (DAC) y el análisis computarizado de la imagen<sup>40</sup>.

En un sistema modificado (QLF-clin, Inspektor Research

systems, Ámsterdam, Países Bajos), la fuente de láser se sustituyó por una lámpara de arco, cuya luz se limitó por filtración a una pequeña banda ( $370 \pm 80$  nm). La imagen es captada mediante una cámara intrabucal de uso manual que dispone también de un sistema óptico de aportación de luz<sup>40</sup>.

Durante la década de los noventa, los investigadores a partir de observaciones previas, pensaron que podría ser útil la luz roja y encontraron que se producía una fluorescencia en la región cercana a los infrarrojos. Hibst y Gall<sup>65</sup> estudiaron de forma sistemática este fenómeno y utilizaron un láser de 655 nm como fuente de excitación, con filtros a 680 nm y midieron la señal de fluorescencia a longitudes de ondas mayores. Otros grupos, progresaron rápidamente con estos estudios<sup>43</sup>.

Este trabajo culminó con el desarrollo de un equipo comercial (DIAGNOdent®, Kavo, Biberach, Alemania) en Alemania que se utiliza en varios países europeos, en Brasil y desde abril de 2000 en EE.UU<sup>43</sup>. Gráfico 63

La unidad contiene un láser de diodo, que emite un haz de luz a 655 nm de onda larga desde una fibra óptica, que incide

directo sobre la superficie oclusal del diente. Y un foto diodo combinado con un filtro de pase largo (transmisión  $>680$  nm) como detector, el cual recibe el destello de luz fluorescente reflejado y los cambios causados por la desmineralización, son asignados a un valor numérico, el cual es mostrado en el monitor. El sistema es calibrado para facilitar estándares y referencias de esmalte sano<sup>14,15,34</sup>.

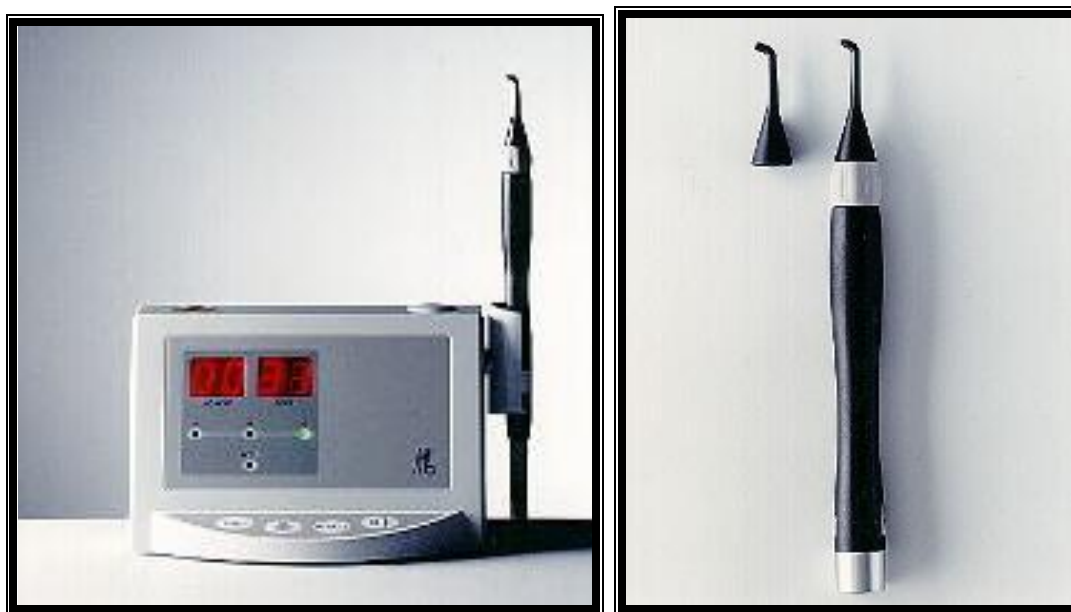


Gráfico 63. Izquierda: Equipo de luz roja de diodo de láser. DIAGNOdent® (Kavo, Biberach, Alemania). Derecha: Dos diseños de puntas diagnósticas la punta ancha (izquierda) para superficies linguales y bucales de los dientes; la punta estrecha (derecha) diseñada para zonas interproximales y fisuras.

*Cortesía de la Od. Claudia García*

La instrucción específica para el sistema DIAGNOdent®,

es que el área de la superficie oclusal a ser diagnosticada este limpia, porque la placa, el tártaro y las pigmentaciones pueden dar falsos valores<sup>34</sup>.

#### 3.2.5.2.- Objetivo del método láser

La dispersión de la luz es un parámetro que permite medir la blancura de una lesión cariosa y que puede correlacionarse con el grado de pérdida mineral. No se ha determinado ningún umbral para la detección de lesiones puntuales blancas mediante técnicas de dispersión lumínica, pero sí se han medido *in vitro* lesiones cuya profundidad es de sólo 25 micrómetros<sup>40</sup>.

La fluorescencia inducida por láser (luz visible a través de la región azul-verde), fue utilizada para el desarrollo de un método sensitivo, que analizara cuantitativamente la desmineralización del esmalte de superficies lisas y de fisuras, en una etapa temprana<sup>66</sup>.

Este método ha sido validado con microrradiografías longitudinales, para el análisis de cambios en el mineral en pequeñas piezas de esmalte, con la utilización de un modelo *in vitro* de caries y para la cuantificación *in vitro*, de la pérdida mineral en lesiones incipientes naturales de esmalte humano<sup>66</sup>.

El método de fluorescencia con láser, fue desarrollado más aún para la cuantificación *in vivo* de la pérdida de mineral en lesiones naturales, con la utilización de una cámara de CCD de microvideo y el análisis computarizados de imágenes<sup>66</sup>.

Es aceptado que la fluorescencia inducida del esmalte, es baja en áreas de reducido contenido mineral y que existe una relación entre la pérdida mineral y la radiación de la fluorescencia<sup>34</sup>.

Se ha demostrado en diversos estudios, que el láser de argón, cuando se emplean límites bajos de energía láser ( $<200\text{J}/\text{cm}^2$ ), es muy seguro en procedimientos preventivos y de restauración, así como, en la polimerización y en la prevención de la desmineralización del esmalte. Los estudios sobre la fluorescencia de láser (FL) se han centrado sobre todo en el diagnóstico de la caries de las superficies lisas<sup>40</sup>.

Al buscar otras frecuencias de excitación, Hibst y Gall<sup>65</sup> observaron que para una excitación de 638 ó 655 nm, la intensidad de la fluorescencia de la caries puede superar la del esmalte sano en más de un orden de magnitud. A partir de este planteamiento surgió el sistema basado en un láser de diodo



portátil ( DIAGNOdent®) <sup>40</sup>.

#### 3.2.5.3.- Mecanismo del método láser

La fluorescencia es un fenómeno mediante el cual, la luz de una longitud de onda (longitud de onda de excitación) es absorbida por un tejido y emitida con una segunda longitud de onda más larga (longitud de onda de emisión). El fenómeno se produce sólo cuando hay una sustancia específica que se excita, por una longitud de onda específica de luz<sup>43</sup>.

Benedict fue el primero en notar la fluorescencia de los componentes orgánicos de los dientes humanos. Además de apreciar, las diferencias en el nivel de fluorescencia del esmalte sano y cariado<sup>40</sup>. Stubell fue entonces el primero en describir la fluorescencia de los dientes, utilizó excitación UV y Eisenberg comunicó la existencia de fluorescencia tras la excitación con luz azul<sup>43</sup>.

En 1980, Alfano y Yao<sup>67</sup> describieron un estudio sistemático de fluorescencia, con excitación de luz visible de los dientes. Utilizaron dientes humanos con o sin caries dentales y observaron valores máximos de emisión a 427, 480 y 580 micrómetros tras la irradiación con 350, 410 y 530 nanómetros

procedentes de una fuente de tungsteno. El espectro de emisión de las regiones con caries se desplazó a la porción roja del espectro<sup>43</sup>.

Después los mismos investigadores<sup>65</sup>, estudiaron la excitación entre 400-700 nm y encontraron diferencias entre el tejido sano y el que presentaba caries. Debido a estos estudios, se realizó un esfuerzo considerable en el campo de la fluorescencia, con la utilización del láser de argón, en la región azul-verde a 488 nm de longitud de onda, para observar la fluorescencia en el intervalo 540 nm, bajo la denominación de *fluorescencia de láser cuantitativa* y otros con luz roja a 633 nm o más<sup>40,43</sup>.

El diente es iluminado con un rayo ancho de luz azul verde, de una fuente de láser de ión argón. La fluorescencia del esmalte ocurre en la región amarilla y se observa a través de un filtro Hoya Y-52 de transferencia alta, para excluir la luz láser azul dispersa del diente. Las áreas desmineralizadas se observan oscuras<sup>66</sup>.

El DIAGNOdent® a su vez, emite una luz roja de diodo de láser, que se dirige hacia las superficies oclusales mediante la

punta de una sonda especial y la señal de fluorescencia se filtra de la luz incidente y vuelve al detector a través del mismo instrumento, en una escala del 0 al 99<sup>43</sup>. Mientras más alto sea el número, más caries se encontrara debajo de la superficie del diente. La luz excitada es transmitida a través de una fibra óptica al diente y un haz de nueve fibras lo ordena de manera concéntrica alrededor de esta, para que sirva para la detección. El filtro de pase largo absorbe la excitación dispersa de retorno además, de otras luces de ondas largas de corta duración y transmite las más largas radiaciones fluorescentes de ondas largas<sup>15</sup>.

Aunque este sistema no ofrece una imagen bidimensional ni tridimensional, es un gran paso, comparado con las exploraciones visuales o táctiles actuales que se utilizan<sup>43</sup>.  
Gráfico 64

Los cambios en el contenido mineral y la porosidad de la superficie del diente, resultan en un cambio en el patrón de fluorescencia. La naturaleza de la fluorescencia emitida, correlacionada con el grado de desmineralización en el diente, puede ser cuantificada. Un valor numérico es asignado al grado de fluorescencia, el cual puede ser utilizado como un indicador

de la extensión de la caries<sup>68</sup>.

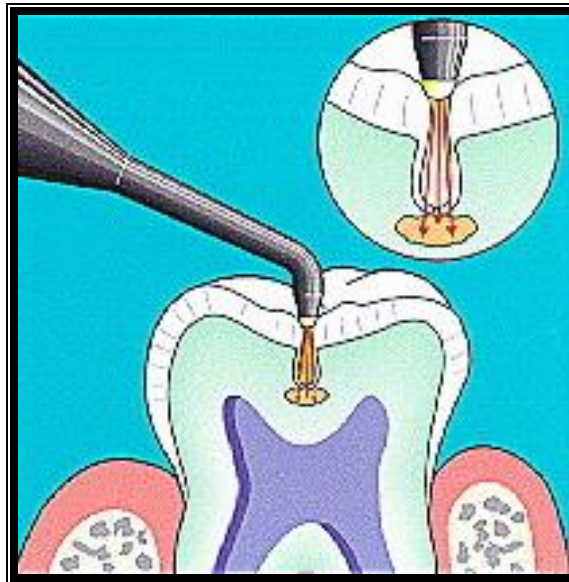


Gráfico 64. Diagnodent ofrece la ventaja de medir la fluorescencia de las áreas fisuradas donde la luz láser es reflejada a través de los espacios más recónditos. *Cortesía de Odonto.*

La sonda del láser es utilizada como un examinador sobre el área de la fisura con un movimiento de barrido. Dos valores son registrados, un valor común para la posición de la sonda (*momento*) y un valor máximo para toda la superficie examinada (*pico*). Las instrucciones sugieren que, los datos numéricos entre 5 y 25, indican lesiones iniciales en el esmalte y los valores mayores a estos rangos, indican caries iniciales en dentina. La caries en dentina en un grado avanzado muestra valores de campo mayores a 35<sup>34</sup>.

Evidencias publicadas sugieren que este nuevo sistema, tiene la habilidad para detectar caries oclusales en dientes permanentes en etapas tempranas, con mayor exactitud y con características repetibles superiores a los sistemas convencionales, tales como las radiografías coronales o el diagnóstico visual<sup>68</sup>.

Los estudios clínicos e histológicos limitados que existen hasta la fecha, han demostrado que una señal baja significa, tejido sano subyacente con una precisión mayor del 80%. Y a medida que la señal aumenta, indica la presencia de una caries subyacente que requiere una intervención química o física. El componente que emite la fluorescencia aún no se ha establecido por completo, pero se está al tanto, que es un producto bacteriano. Otras tinciones extrínsecas pueden interferir en la señal, éste es un problema que queda todavía por resolver<sup>43</sup>.

#### 3.2.5.4.- Ventajas y desventajas del método láser

La técnica de fluorescencia de láser cuantitativa es utilizada actualmente para ensayos clínicos en diversos lugares. La reproducibilidad del método es alta y se muestra prometedora para algunas lesiones limitadas que pueden detectarse a través de ella<sup>43</sup>. La fluorescencia de láser cuantitativa no sólo provee

datos cuantitativos, sino también registros de imágenes fluorescentes de los dientes en un monitor, lo cual es excelente para la motivación del paciente<sup>6</sup>.

Sin embargo, la restricción de la dispersión lumínica sólo a las superficies lisas en el diagnóstico de lesiones de caries, supone una desventaja significativa de esta técnica, aunque siguen las investigaciones para desarrollar un sistema de fluorescencia de láser cuantitativa que permita detectar lesiones de caries oclusales<sup>40</sup>.

Además de esto, existen problemas con las manchas que confunden la señal<sup>40</sup>. Debido a que la fluorescencia de láser cuantitativa, puede verse afectada en algunas zonas, por lo húmedo o seco del lugar de la fisura, por las manchas en las fisuras o por la morfología de la fisura. Queda por ver, si esta técnica será útil como herramienta clínica general para el odontólogo<sup>43</sup>.

El uso de aire y el pulido de las superficies para remover la placa mejoran el diagnóstico de este sistema. Algunos reportes sugieren que no puede diferenciar entre caries, hipoplasia o una falla anatómica inusual<sup>13,34</sup>.

Todavía existen limitaciones respecto a la precisión del sistema DIAGNOdent®, pero se muestra como una herramienta funcional prometedora que debe utilizarse con cuidado. El sistema no puede detectar caries secundarias adyacentes a restauraciones.

Estudios realizados por Forjie *et al.*<sup>69</sup> indican que el sistema puede ser útil para las lesiones interproximales, pero eso todavía no se ha establecido en estudios clínicos<sup>43</sup>.

El DIAGNOdent® es una herramienta no invasiva y simple de utilizar que suministra medidas cuantitativas<sup>34</sup>, pero es relativamente costoso, su aplicación es limitada a superficies lisas accesibles y su ergonomía esta comprometida en su uso diario<sup>32</sup>.

La principal limitación del método es que un incremento en la lectura podría revelar algún cambio en las propiedades físicas de la estructura del diente, tales como caries, alteraciones en el desarrollo del diente o de su mineralización, así como depósitos de cálculo o material orgánico. Es por ello, que la experiencia clínica, es un prerrequisito fundamental para el uso de este equipo como ayuda en la detección de caries dental<sup>14</sup>.

#### **4.- EXACTITUD DE LOS MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO PARA LAS LESIONES INICIALES DE CARIES DENTAL**

Antes de considerar las estimaciones de los estudios comparativos, en la aplicación de las tecnologías diagnósticas, es importante entender como estos métodos son validados<sup>20</sup>.

Teóricamente, cada técnica debe estar determinada por una simulación real de su uso clínico y con la utilización infalible y aceptada de patrones de referencia. Desafortunadamente, en el diagnóstico de caries los patrones de referencia son algunas veces empañados, donde la validación histológica defendida como la ideal por muchos, está por sí misma, abierta a la mal interpretación y a los errores asociados con la intersección de tejido perdido y la naturaleza subjetiva de la evaluación de la apariencia de las pequeñas lesiones<sup>20</sup>.

Otros de los problemas en la realización de los estudios comparativos son: las diferentes e inadecuadas simulaciones *in vitro* empleadas por algunos autores y las diferentes características de funcionamiento de los sistemas (y humanos) cuando diagnostican muestras con diferentes prevalencias de la enfermedad. Así como, la manera inadecuada como algunos autores otorgan la palabra validez a algunos de los análisis, los



cuales producen diferencias estadísticamente no significativas entre métodos diagnósticos, los cuales si difieren en una parte crítica de la curva COR<sup>20</sup>.

Un meta-análisis de los factores involucrados en la validez medida en las pruebas diagnósticas para caries proximal reveló que valores obtenidos en estudios *in vivo* fueron significativamente diferentes de aquellos obtenidos en estudios *in vitro*<sup>20</sup>. Otro grupo demostró la validación de los métodos en el diagnóstico de caries oclusal y concluyó que los métodos para validar están sujetos a la variabilidad. El resultado de las pruebas para el diagnóstico de la caries dental puede estar influenciado tanto por los métodos de validación como por la persona que ejecuta dicha validación<sup>20</sup>.

Aunque en la actualidad no existe ningún método único capaz de detectar caries dental en todas las superficies del diente, los métodos fluorescentes, las mediciones de electroconductividad, la radiografía digital directa y la transiluminación con fibra óptica e imagen digital; ofrecen elevados niveles de especificidad y sensibilidad para detectar y cuantificar la caries, facilitando al mismo tiempo el desarrollo de intervenciones preventivas más eficaces<sup>40</sup>. Tabla II y III

Las herramientas potencialmente objetivas son el método de separación con la utilización de una impresión local, el diagnóstico radiográfico asistido por computadora, el método eléctrico y FLC. Estas herramientas proporcionan medidas cuantitativas las cuales son utilizadas como ayuda en el diagnóstico, la determinación de la actividad de la caries y su pronóstico<sup>20</sup>.

Los métodos clínicos son vistos como aquellos que muestran baja sensibilidad pero alta especificidad<sup>20</sup>. La sensibilidad del examen táctil puede ser más del 60% y la especificidad más de un 80%<sup>70</sup>.

Para las superficies oclusales la especificidad del examen clínico es del 90% aproximadamente, mientras presenta una baja sensibilidad (13%) para detectar caries dentinal. Existe evidencia que al combinar el examen visual con el radiográfico se incrementa la exactitud en el diagnóstico de lesiones de caries<sup>12</sup>.

White y Yoon valoraron el rendimiento de un sistema basado DAC digital para detectar caries de superficies proximales y compararon este método con la placa convencional. A pesar, de las diferencias de sensibilidad y

especificidad de ambos métodos, los resultados globales no indicaron ninguna diferencia estadísticamente significativa<sup>40</sup>. Los sistemas de radiografía digital, parece que tiene un nivel de precisión comparable al de las placas dentales actualmente disponibles para detectar caries dental<sup>40</sup>. Recientes estudios, muestran que las radiografías convencionales tienen niveles medios de sensibilidad en lesiones de caries de esmalte con superficies intactas clínicamente detectables<sup>20</sup>.

Según Wenzel, las radiografías tienen una sensibilidad relativamente elevada (0,6- 0,8) para la detección de lesiones oclusales que afectan la dentina<sup>12</sup> y las radiografías digitales una sensibilidad bastante elevada (0,7 a 0,85)<sup>46</sup>. Sin embargo, la radiografía convencional, no es útil para detectar lesiones iniciales del esmalte, ni las de dentina a nivel proximal, sobre todo las limitadas al esmalte<sup>40</sup>. Al combinar el examen visual con el radiográfico se incrementa la exactitud de la detección de caries dental<sup>4,12,46,70</sup>, ambos tienen una sensibilidad de 75% y una alta especificidad del 90%<sup>70</sup>.

Resultados de la comparación *in vitro* de la transiluminación con fibra óptica e imagen digital y las radiografías convencionales, indicaron que la primera era dos

veces más sensible para detectar las lesiones proximales y tres veces más para detectar las oclusales, con una diferencia de especificidad inferior al 10%<sup>40</sup>. A pesar de ello, no debe considerarse este método como un reemplazo de las radiografías corales, si no como una herramienta más para el diagnóstico de lesiones<sup>36</sup>.

TIFO no puede detectar sensitivamente lesiones de caries proximales de esmalte con superficies intactas. A pesar de ello, este sistema es específico y su éxito al compararlo con el método clínico en lesiones de dentina clínicamente detectable, podría considerarse seriamente como un auxiliar y utilizarlo en situaciones donde la radiografía no es apropiada o factible<sup>20,41</sup>. Sin embargo, otros estudios confirman que TIFO tiene una mayor sensibilidad que la inspección clínica, al detectar lesiones de caries no cavitadas que tienen una sombra u opacidad debajo de la brecha marginal<sup>12</sup>.

En diferentes estudios sobre la transiluminación con fibra óptica, se han obtenido resultados mixtos en el estudio de la caries, debido al elevado grado de variabilidad entre los diferentes profesionales y entre las diversas lecturas en el mismo profesional<sup>40</sup>.

En un estudio comparativo *in vitro* de tres métodos de diagnóstico (visual, radiográfico y DIAGNOdent®), se comparó la exactitud y la reproducción en dientes primarios y se observaron los altísimos valores de sensibilidad del DIAGNOdent® (0,77 y 0,80 en 2 examinadores). Sin embargo, el mismo mostró valores más bajos de especificidad (0,82 y 0,85) que los otros sistemas<sup>68</sup>.

Este experimento se realizó *in vitro*, por lo tanto, no se deben extrapolar los resultados a situaciones *in vivo*, ya que las circunstancias son diferentes, debido a la dificultad en la realización del examen clínico a niños<sup>68</sup>.

En un estudio *in vivo*, se utilizó fluorescencia de láser cuantitativa para la detección de caries oclusal precoz, se obtuvieron sensibilidades entre 0,29 y 0,75 y especificidades entre 0,58 y 0,85 en fisuras, donde la profundidad media de la lesión era de 35 micrones. Diversos estudios clínicos en los que se ha utilizado este sistema, indican que es reproducible y que permite detectar 9,5 veces más lesiones que la simple exploración clínica<sup>40</sup>.

Al emplear el análisis histológico para comprobar los

resultados, el sistema de fluorescencia de láser infrarrojo se asoció con mayor sensibilidad y especificidad que las mediciones de conductancia eléctrica (MCE)<sup>40</sup>.

Ashley *et al.*<sup>56</sup> observaron que las mediciones de conductancia eléctrica es el método diagnóstico más exacto (en comparación con la exploración visual, la transiluminación con fibra óptica y las radiografías coronales y digitales) para el diagnóstico *in vitro* de las lesiones oclusales precoces y no cavitadas de los dientes posteriores. La sensibilidad y especificidad de la MCE fueron 0,78 y 0,80 para la detección de la caries oclusal en dentina y de 0.65 y 0.73 para el de las lesiones de esmalte<sup>40,55</sup>.

Verdonschot *et al.*<sup>71</sup> observaron que cuando se compara la MCE con la exploración clínica, la transiluminación con fibra óptica, la exploración radiográfica o la exploración de la morfología de las fisuras, la MCE se asocia con un elevado índice de sensibilidad (0,96) y especificidad (0,71) para diagnosticar la caries oclusal. También observaron que el diagnóstico radiográfico se asocia con índices de sensibilidad y especificidad moderados. Los restantes sistemas se asocian con baja sensibilidad, baja especificidad o con ambas<sup>40,16</sup>.

Generalmente, una alta especificidad y sensibilidad ha sido reportada para la técnica de conductancia eléctrica. En un estudio *in vivo* para el diagnóstico de caries oclusal, con la aplicación de 2 sistemas diferentes de conductancia eléctrica, ambos sistemas fueron superiores a las radiografías coronales<sup>34</sup>.

Pero, en un estudio *in vitro* la sensibilidad de la conductancia eléctrica fue superior a los reportes anteriores en relación a las técnicas visuales y radiográficas, sin embargo, su especificidad fue muy baja<sup>34</sup>.

Diversos investigadores han demostrado una mejoría significativa de la sensibilidad (93%) en la MCE, aunque la especificidad no parece haber aumentado mucho (77%) en comparación con las radiografías coronales, las cuales tienen una especificidad del 77% y una sensibilidad del 62%. Se determinó que la precisión de la MCE era del 83% y la de la radiografía oclusal del 71%<sup>40</sup>.

Los métodos de detección eléctrica muestran gran potencial, que asegura un mejoramiento significativo en la aplicación diagnóstica durante los años futuros. Para las

superficies oclusales, la frecuencia determinada de las herramientas disponibles comercialmente han mostrado repetidamente una alta sensibilidad y especificidad para las lesiones de esmalte. Mientras que para las lesiones de dentina, la sensibilidad es alta pero su especificidad media<sup>20</sup>.

Existen dificultades especiales para la aplicación de este método en superficies proximales, pero datos recientes muestran que esto puede ser superado y que la sensibilidad es alta<sup>63,64</sup>.

	Examen Visual		Radiografías		CE		FLC		DIAGNOdent	
	Sens	Espc	Sens	Espc	Sens	Espc	Sens	Espc	Sens	Espc
Ferreira <i>et al.</i> , 1998	0,12- 0,80	0,66- 0,97	0,18- 0,73	0,66- 0,98	0,67- 0,71- 0,96	0,82	0,50- 0,63	0,27- 0,33		
Ferreira <i>et al.</i> , 1998	0,03	1,00					0,49	0,67		
Lussi <i>et al.</i> , 1999					0,87	0,64			0,83- 0,87	0,72- 0,78
Lussi <i>et al.</i> , 2001	0,62								0,96	
Shi <i>et al.</i> , 2000									0,42- 0,46	0,95

EC= Conductancia eléctrica, FLC= método de fluorescencia de láser cuantitativa.

Tabla II. Reporte de la sensibilidad (sens) y especificidad (espc) para el diagnóstico de caries oclusal de esmalte. *Tomado de Tam, 2001*



En un estudio para evaluar el diagnóstico de lesiones de caries de mancha blanca a través del sistema de ultrasonido, se obtuvo una sensibilidad del 88% y una especificidad del 86%. Cuando las pruebas de ultrasonido fueron validadas con el examen radiográfico tuvo una sensibilidad del 89% y una especificidad del 59%<sup>63,64</sup>.

Autores	Estudio	Método	Sensibilidad	Especificidad
Mc Comb y Tam, 2001		Visual	60%	80%
Ashley <i>et al.</i> , 1998	<i>In vitro</i>	Conductancia Eléctrica	0,65	0,73
Lussi <i>et al.</i> , 1995	<i>In vivo</i>	Conductancia Eléctrica	93%	77%
Lussi <i>et al.</i> , 1995	<i>In vivo</i>	Radiografías coronales	62%	77%
Wenzel, 1991		Visual	12%- 82%	> 90%
Caliskan <i>et al.</i> , 1999	<i>In vivo</i>	Ultrasonido	88%	86%
Ashley <i>et al.</i> , 2000	In Vivo	MCE	0.75	0,78

Tabla III. Resumen de la sensibilidad (sens) y especificidad (espc) para el diagnóstico de caries de esmalte.

Lussi *et al.* concluyeron que, debido a su rapidez y altísima especificidad, el diagnóstico visual/táctil persiste como el primer método de elección y sugieren que este tipo de examen debe ser realizado cuidadosamente, antes de cualquier otra técnica<sup>7,34</sup>. La inspección visual después de la técnica de separación de los dientes para observar las superficies proximales, pueda servir como una herramienta diagnóstica suplementaria al examen convencional visual y radiográfico, para el manejo clínico de las lesiones de caries proximal<sup>72</sup>.

La aproximación de estos métodos, permite combinar las ventajas de la altísima especificidad y velocidad de la inspección clínica, con la detección de una altísima sensibilidad de otras herramientas<sup>4,15</sup>. Además, la alta reproducción del DIAGNOdent®, así como, la del ECM permiten monitorear longitudinalmente las lesiones de caries, al mismo tiempo que proporcionan información sobre la efectividad de la terapia aplicada<sup>15</sup>.

En una palabra real ¿qué vendrá próximamente para el diagnóstico de la caries dentro de la práctica odontológica (como respuesta contraria al desarrollo de las investigaciones)? Pitts<sup>36</sup> sugiere cuatro predicciones:

1.- Separadores con gomas de ortodoncia: vendrán a ser los más populares, en los odontólogos preventivos, quienes querrán asegurarse que conocen las condiciones de una superficie proximal, antes de decidir una intervención operativa.

2.- Radiografía digital directa: su uso se incrementará según su disponibilidad (bajo costo), donde el factor económico y la dosis reducida son factores prometedores para su aplicación.

3.- Sistema de cámara intra-oral: la cual presenta un rango extenso de sistemas para elegir y viene a ser una tecnología menos costosa.

4.- MCE: su desarrollo proveerá la utilización de una ayuda diagnóstica sensible y específica en el futuro<sup>36</sup>.

### **III.- DISCUSIÓN**

Las investigaciones y observaciones de las dos últimas décadas indican que los paradigmas de diagnóstico y tratamiento son significativamente diferentes entre las grandes lesiones cavitadas y las pequeñas lesiones y áreas de desmineralización de las superficies dentales<sup>72</sup>.

El problema anatómico y fisiopatológico esencial es que la lesión de caries se produce en una pequeña y altamente mineralizada estructura tras su penetración en la superficie, la cual es difícil de detectar con los métodos actuales. Adicionalmente, las lesiones de caries aparecen en diferentes localizaciones anatómicas y tienen aspectos únicos de configuración y progresión<sup>10</sup>. Además, existen indicadores que muestran, que los odontólogos tienen un limitado entendimiento de la estructura de las lesiones de caries y esto puede afectar su diagnóstico y plan de tratamiento<sup>20</sup>.

Estas diferencias hacen que sea improbable que una única modalidad de diagnóstico posea la adecuada sensibilidad y especificidad para detectar la lesión en todas las localizaciones. La aplicación de múltiples pruebas diagnósticas individuales, aumenta la eficacia total del diagnóstico de la caries. Las

modalidades existentes de diagnóstico precisan una mejor validación y se necesitan nuevas modalidades con sensibilidades y especificidades adecuadas para las diferentes localizaciones, severidad y grados de actividad de caries<sup>10</sup>.

El resultado final del proceso de diagnóstico de la caries en la práctica clínica, es decidir sobre la necesidad de tratamiento; el desarrollo de nuevos métodos para detectar la caries, tiene una importancia vital para reducir la posibilidad de un diagnóstico incorrecto que en último término, llevaría a tomar una decisión terapéutica incorrecta. Si no se aplican métodos más exactos para la detección de la caries, algunas personas con bajo riesgo de avance de la enfermedad, podrían recibir un tratamiento innecesario, mientras que grupos de alto riesgo podrían no ser diagnosticados, lo que llevaría a una inversión innecesaria de trabajo, tiempo y recursos económicos<sup>40</sup>.

Los problemas de mayor importancia en los estudios realizados a los diferentes métodos diagnósticos, son un pobre diseño de la investigación, la variabilidad en la calibración de los examinadores, las diferencias en los criterios diagnósticos de las lesiones, la falta de estándares de validación histológica, la falta de un número suficiente de estudios en algunas modalidades y

tipos de lesiones y la sensibilidad y especificidad de la detección de caries<sup>10</sup>. Así como, estudios *in vitro* que no garantizan que estos métodos presentan el mismo comportamiento si se encuentran bajo las condiciones del medio bucal<sup>10</sup>.

La imagen radiográfica es todavía una reproducción bidimensional de estructuras tridimensionales. En el futuro es probable que métodos radiográficos más avanzados, como la tomografía computarizada de apertura sintonizada y ciertas presentaciones tridimensionales de estructuras dentales, presenten una mayor precisión para el diagnóstico de la caries<sup>46</sup>.

Algunas modalidades de diagnóstico se encuentran en diferentes fases de desarrollo y evaluación, estas modalidades deben ser estudiadas rigurosamente en ensayos clínicos controlados. Tales estudios proporcionarán la determinación del estadio clínico de las lesiones de caries, basadas en diagnósticos altamente sensibles y específicos, seguidos de algoritmos apropiados y enlazados para la toma de decisiones en el tratamiento<sup>10</sup>.

No hay actualmente ninguna modalidad diagnóstica capaz de diferenciar una caries microbiológicamente activa de una

dentina desmineralizada sin actividad de caries debajo de una restauración. Este es un punto débil bastante crítico en vista del significativo porcentaje de restauraciones que se colocan para reemplazar otras existentes<sup>8</sup>.

La necesidad de identificar y determinar el estadio clínico de la presencia, actividad y severidad de la caries es de suma importancia en el desarrollo de estrategias de tratamiento que utilizan modalidades no quirúrgicas como el flúor, los antimicrobianos, los selladores de fisuras y el no aplicar ningún tratamiento<sup>5</sup>.

La odontología está orientada hacia una detección temprana de las lesiones de caries así como a un tratamiento más preventivo que restaurador, la correcta evaluación del riesgo será esencial para mejorar los valores de predicción de los nuevos métodos de diagnóstico<sup>12</sup>.

Aunque la evidencia muestra que muchos métodos diagnósticos no son lo suficientemente exactos, las interpretaciones diagnósticas actuales deben ser utilizadas hasta que dispongamos de técnicas sensitivas nuevas y que estén validadas y disponibles<sup>10</sup>.

## IV.- CONCLUSIONES

1.- La caries dental es una enfermedad infecciosa, transmisible y de etiología multifactorial, que provoca la desmineralización o destrucción localizada de los tejidos duros del diente, producto de un desequilibrio entre la pérdida y la ganancia de mineral en la superficie del diente, ocasionada por los fluidos de la placa que lo cubren.

2.- La *lesión de mancha blanca* es la primera manifestación clínica visual de caries dental, aunque muchos la consideran una lesión incipiente, en realidad representa una fase relativamente tardía del proceso de la caries.

3.- El diagnóstico de la caries no debe ser considerado sólo, en términos de la aplicación de la tecnología para la detección en un sólo paso; sino que debe considerarse como un proceso complejo, que comprende tanto la detección como su estadio, lo cual contribuye junto con la habilidad del clínico, a tomar decisiones acerca del manejo y pronóstico de la enfermedad.

4.- Las prácticas diagnósticas actuales no son adecuadas para lograr un nivel de manejo de la caries, en el que las lesiones no cavitadas sean identificadas tempranamente y puedan ser



tratadas con métodos no quirúrgicos.

5.- Demasiados estudios utilizan débiles diseños de investigación, son pequeños o pobremente descritos y en consecuencia su validez es quizás infravalorada. La información incompleta de la historia natural de la caries, la incapacidad de identificar con exactitud las lesiones iniciales de caries o las lesiones que progresan activamente, así como la ausencia de métodos objetivos de diagnóstico es inquietante.

6.- No quiere decir que las técnicas diagnósticas utilizadas en la actualidad no funcionen, sino que los estudios que apoyan su eficacia no cumplen los estándares científicos de validación histológica actuales.

7.- Un método cuantitativo de diagnóstico permite monitorear los cambios en el tiempo de la pérdida o ganancia de mineral relacionadas con las medidas preventivas.

8.- Una odontología efectiva, precisa de la identificación temprana en aquellos pacientes que tienen un riesgo aumentado a desarrollar caries extensas, para que de este modo puedan recibir intervenciones preventivas tempranas e intensivas, así

como, identificar aquellos individuos de bajo riesgo para reducir cuidados innecesarios y los costos asociados.

9.- El uso adecuado de cualquier método diagnóstico depende del odontólogo quien es responsable del diagnóstico de la caries. El diagnóstico estará basado en la información organizada y registrada en la historia clínica, el resultado de la aplicación de varios métodos de diagnóstico y en el conocimiento y experiencia del odontólogo.

10.- En todas las decisiones de tratamiento, el odontólogo debe estar enterado de las limitaciones de los métodos diagnósticos que han sido utilizados. Las nuevas tecnologías pueden otorgar información suplementaria, pero no pueden sin embargo reemplazar métodos establecidos para el diagnóstico de la caries.

## **V.- REFERENCIAS**

- 1.- Winston A, Bjaskar S. Prevención de la caries en el siglo XXI. JADA 1999; 2 (2): 60- 69.
- 2.- Villegas, T. Cariología: su necesaria aplicación en la práctica diaria. En: Seif, R. Cariología: prevención, diagnóstico y tratamiento contemporáneo de la caries dental. Actualidades médico odontológicas latinoamérica, C.A. Primera Edición 1997:14-34
- 3.- Fejerskov O. Concepts of dental caries and their consequences for understanding the disease. Community Dent Oral Epidemiol 1997; 25: 5-12.
- 4.- Pine C., ten Bosch J. Dynamics of and diagnostic methods for detecting small carious lesions. Caries Res 1996; 30:381-388.
- 5.- Zero D. El proceso de la caries dental. Clinic Odont Nort 1999; 4: 697-727.
- 6.- Mansson B., Al-Khateeb S., Tranaeus S. Caries Diagnosis. J Dent Edu 1998; 62 (10): 771-780.
- 7.- Bader J., Shugars D., Bonito A. Systematic reviews of selected dental caries diagnostic and management methods. J Dent Edu 2001; 65 (10): 960-968.
- 8.- Drury T., Horowitz A., Ismail A., Maertens M., Rozier G., Selwitz R. Diagnosing and reporting early childhood caries for research purposes. J Public Health Dent 1999; 59:192-197.
- 9.- Stookey G., González-Cabezas C. Emerging methods of caries diagnosis. J Dent Edu 2001; 65 (10): 1001-1006.
- 10.- Manejo y diagnóstico de la caries dental a lo largo de la vida: National Institutes of Health, Conclusiones de la conferencia de consenso y desarrollo; Marzo 2001. <http://www.consensus.nih.gov>.
- 11.- Fejerskov O, Thylstrup A. Cariología. Copenhagen, Munksgaard, 1986,
- 12.- Ismail A. Clinical diagnosis of precavitated carious lesions. Community Dent Oral Epidemiol 1997; 25: 13-23.

- 13.- Ekstrand K., Ricketts D., Kidd E. Occlusal Caries: Pathology, Diagnosis and logical management. Dent Update 2001;28:380-387.
- 14.- Shi X., Welander U., Mansson B. Occlusal caries detection with kavo diagnodent and radiography: an in vitro comparison. Caries Res 2000; 34:151-158.
- 15.- Lussi A., Hibst R. Methods for occlusal caries detection used daily practice. Proceeding of the Indiana Conference:1999.
- 16.- Verdonchot EH, Bronkhorst EM, Burgersdijk RCW, König KG, Shaeken MJM, Truin GJ. Performance of some diagnostic systems in examinations for small occlusal carious lesions. Caries Res 1992;26:59-64.
- 17.- Ekstrand K., Ricketts D., Kidd E., Qvist V., Schou S. Detection, diagnosing, monitoring and logical treatment of occlusal caries in relation to lesion activity and severity: an in vivo examination with histological validation. Caries Res 1998;32:247-254.
- 18.- Sew W. Pre-eruptive intracoronary resorption as an entity of occult caries. Pediatr Dent 2000;22: 370-376.
- 19.- Lussi A. Impact of including or excluding cavitated lesions when evaluating methods for the diagnosis of occlusal caries. Caries Res 1996; 30: 389-393.
- 20.- Pitts NB. Diagnostic tools and measurements – impact on appropriate care. Community Dent Oral Epidemiol 1997; 25:24-35.
- 21.- Featherstone J. Clinical implications: new strategies for caries prevention. Proceeding of the Indiana Conference:1999
- 22.- Balakrishnan M., Simmonds R., Tagg J. Dental caries is a preventable infectious disease. Aus Dent J 2000; 45(4): 235-244.
- 23.- Featherstone J. The science and practice of caries prevention. JADA 2000; 131: 887-899.
- 24.- Ashley PF, Ellwood RP, Worthington HV, Davies RM. Predicting occlusal caries using the electronic caries monitor. Caries Res 2000;34:201-203.

- 25.- Zero D. *et al.* Caries detection using digital imaging fiber-optic transillumination (difoti) – a preliminary evaluation. Proceeding of the Indiana Conference:1999
26. Delgado R. Histopatología de la caries dental. En: Seif, R. Cariología: prevención, diagnóstico y tratamiento contemporáneo de la caries dental. Actualidades médico odontológicas latinoamérica, C.A.Primer Edición 1997:14-34
- 27.- Dove S. Radiographic diagnosis of dental caries. J Dent Edu 2001; 65(10):985-990.
- 28.- Wenzel A., Larsen M., Felerrskov O. Detection of occlusal caries without cavitation by visual inspection, film radiographs, xeroradiographs, and digitized radiographs. Caries Res 1991; 25:365-371.
- 29.- Wenzel A, Verdonshot E., Truin G., König K. Accuracy of visual inspection, fiber-optic transillumination, and various radiographic image modalities for the detection of occlusal caries in extracted non-cavitated teeth. J Dent Res 1992; 71 (12):1934-1937.
- 30.- Newbrun E, Brudevold F, Mermangen H: A microradiographic evaluation of occlusal fissures and grooves (comment). Lussi A. Hibst R. Methods for occlusal caries detection used in daily practice. Proceeding of the Indiana Conference:1999. Comment on: J Am Dent Assoc 1959;58:26-31.
- 31.- Lussi A, Firestone A, Shoenberg V, Hotz P, Stich A. In vivo diagnosis of fissure caries using a new electrical resistance monitor. Caries Res 1995;29:81-87.
- 32.- Lussi A., Imwinkelried S. Pitts N., Longbottom C., Reich E. Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. Caries Res 1999;33:261-266.
- 33.- Pereira A., Verdonshot E., Huysmans M. Caries detection methods: can they aid decision making for invasive sealant treatment?. Caries Res 2001; 35: 83-89.
- 34.- Tamm L., McComb D. Diagnosis of occlusal caries: Part II. Recent diagnostic technologies. J Can Dent Assoc 2001; 67(8):

459-463.

35.- Christensen G. Dental radiographs and dental caries: A challenge. JADA 1996; 127: 792-793

36.- Pitts N. The use of bitewing radiographs in the management of dental caries: scientific and practical considerations: review article. Dentomaxillofac Radiol 1996; 25(1): 5-16.

37.- Forgie A., Pine C., Longbottom C., Pitts N. The use of magnification in general dental practice in Scotland – a survey report. J Dent 1999; 27: 497-502.

38.- Forgie A. Magnification: What is available, and will it aid your clinical practice?. Dent Update 2001;28:125 –130.

39.- Forgie A., Pine C., Nugent Z., Pitts N. The effect of magnification on clinical caries diagnosis. J Dent Res 1997; 76 (5): 1028 (abstr 74).

40.- Stookey G., Jackson R., Ferreira A., Analoui M. Diagnóstico de la caries dental. Clinic Odont Nort 1999; 4: 697-727.

41.- Choksi S., Brady J., Dang D., Rao M. Detecting approximal dental caries with transillumination: a clinical evaluation. JADA 1994; 125: 1098 –1102.

42.- Davies G., Worthington H., Clarkson J., Thomas P., Davies R. The use of fibre-optic transillumination in general dental practice. Br Dent J 2001; 191:145-147.

43.-Featherstone J. Detección y prevención de las caries con energía láser. Clinic Odont Nort 2000; 4: 1031 – 1046.

44.- Ekstrand K., Qvist V., Thylstrup A. Light microscope study of the effect of probing in occlusal surfaces. Caries Res 1987; 21: 368-374.

45.- Penning C.,Van Amerongen J., Seef., Ten Cate J. Validity of probing for fissure caries diagnosis. Caries Res 1992; 445-449.

46.- Wenzel A. Imagen digital en la caries dental. En: Aplicación de las distintas modalidades de imag digital en odontología. Clinic Odont Nort 2000; 2: 345 – 366.

- 47.- Wolfgang L. The dental digital radiograph. NYSDJ 2001; 38-40.
- 48.-Hintze H., Wenzel A. A two film versus a four film bitewing examination for caries diagnosis in adults. Caries Res 1999; 33:380-386.
- 49.- Saldivia Y. Interpretación radiográfica de la caries dental. En: Seif, R. Cariología: prevención, diagnóstico y tratamiento contemporáneo de la caries dental. Actualidades médico odontológicas latinoamérica, C.A.Primer Edición 1997:82- 98.
- 50.- Brocklebank L. Dental radiology: capture your image. Dent Update 1998; 25:94-102.
- 51.- Arnold L. The radiographic detection of initial carious lesions on the proximal surfaces of teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1987; 64: 221 –231.
- 52.- Brocklebank L. The quality of the x-ray image: Fault analysis. Dent Update 1998; 25:188-194.
- 53.- Machiulskiene V.,Nyvad B., Baelum V. A comparison of clinical and radiographic caries diagnoses in posterior teeth of year old lithuanian children. Caries Res 1999;33:340-348.
- 54.- Sawada K., Koike M., Suda H., Sunada I. A new device for detecting dental caries. Quintessence Int 1986; 17 (6): 373 – 376.
- 55.- Huysmans M., Longbottom Ch., Pitts N. Electrical methods in occlusal caries diagnosis: an in vitro comparison with visual inspection and bite-wing radiography. Caries Res 1998; 32:324-329.
- 56.- Ashley P., Blinkhorn A., Davies R. Occlusal caries diagnosis: an in vitro histological validation of the electronic caries monitor (ECM) and other methods. J Dent 1998; 26 (2): 83 – 88.
- 57.-Huysmans M., Verdonshot E., Rondel P. Electrical conductance and electrode area o sound smooth enamel in extracted teeth. Caries Res 1995; 29:88-93.
- 58.- Goldstein R., Parkins F. Using air- abrasive technology to diagnose and restore pit and fissure caries. JADA 1995; 126:

761-766.

59.- Christensen G. Initial carious lesion: When should they be restored? JADA 2000; 131: 1760-1762.

60.- Bryant C. The role of air abrasion in preventing and treating early pit and fissure caries. J Can Dent Assoc 1999; 65: 566-569.

61.- Hamilton J., Dennison J., Stoffers K., Welch K. A clinical evaluation of air-abrasion treatment of questionable carious lesion . A 12 month report. JADA 2001; 132: 762- 769.

63.- Caliskan F., Öztürk F., Hayran O., Analoui M., Stookey GK., Detection of natural white spot caries lesions by an ultrasonic system. Caries Res 2000; 34:225-232.

64 Caliskan F., Analoui M. Ultrasonic methods for early caries detection. Proceeding of the Indiana Conference:1999

65.- Hibst R, Gall R. Development of a diode laser-based fluorescence caries detector. Caries Res 1998; 32: 294.

66.- Uso intraoral de la técnica de fluorescencia cuantitativa inducida por luz (FCL) para la detección de caries dental. Proceeding of the Indiana Conference:1999

67.- Alfano R, Yao S. Human teeth with and without caries studied by visible luminescent spectroscopy. J Dent Res 1984; 54: 67.

68.- Attrill D. Ashley P. Occlusal caries detection in primary teeth: a comparison of DIAGNOdent with conventional methods. Br Dent J 2001; 190: 440-443.

69.- Forgie A, Pine CM, Pitts NB. Laser fluorescence detection of proximal caries: inicial in vitro results. J Dent Res 1999; 78: 1044.

70.- McComb D., Tam L. Diagnosis of Occlusal Caries:Parte I. Convencional Methods. J Can Dent Assoc 2001; 67 (8): 454-7

71.- Verdonschot E, Bronkhorst E, Burgersdijk R, *et al.* Developments in caries diagnosis and their relationship to treatment decisions and quality of care. Caries Res 1999; 33:32-40



72.- Hintze H., Wenzel A., Danielsen B and Nyvad B. Reliability of visual examination, fibre-optic transillumination, and bite- wing radiography, and reproducibility of direct visual examination following tooth separation for the identification of cavitated carious lesions in contacting approximal surfaces. Caries Res 1.998; 32: 204-209.

73.- Rodríguez G., Barrancos G. Alta tecnología en operatoria dental. En: Barrancos J. Operatoria dental. Editorial Médica Panamericana.1999. Capítulo 2. pp. 33-59.