



Universidad  
Finis Terrae

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

**CARACTERIZACIÓN HISTOLÓGICA DE LAS LESIONES CERVICALES  
NO CARIOSAS ESTUDIO EXPLORATORIO.**

ISAÍAS LUIS CAMPBELL FUENTES  
JAN FRANCO CARVALLO GUIÑEZ

Tesis presentada a la Facultad de Odontología de la Universidad Finis Terrae,  
para optar al título profesional de Cirujano Dentista

Profesor Guía: Dr. Alejandro Esteban Oyarzún Droguett

Santiago, Chile

2023

## DEDICATORIA

*A mis padres Jaime y Viviana por su amor y comprensión. A Karina, incondicional refugio y dulce complemento de mi vida, compañera de mil caminos. A quienes siempre creyeron en mí y no alcanzaron a estar presentes en este día.*

Isaías

*A mis padres Marcela y Francisco por su amor, infinito apoyo y palabras de aliento en los momentos más difíciles. A mis hermanos Paulina y Francisco por su constante preocupación, cariño y apoyo durante toda mi carrera. A mi cuñado Israel por creer en mí desde el primer momento y darme la confianza que necesitaba.*

Jan Franco

## AGRADECIMIENTOS

*A mi hermana Cristina por su apoyo incondicional, a mi tío Malcolm por su intrepidez cuando más lo necesité, a mi tío Alex por creer siempre en mi talento, desde el inicio de este largo camino. A mis compañeras de antaño Marisol y María José por iluminar mis días en momentos oscuros, y a los amigos que encontré en esta nueva etapa; Jan Franco y Javiera por extenderme siempre una sonrisa ancha. A Izabela por su cariño y preocupación siempre listos. En especial a mi tutor y académico señorero, el Dr. Alejandro Oyarzún.*

Isaías

*Al Dr. Alejandro Oyarzún, quien además de ser mi tutor de tesis ha sido un pilar fundamental en mi formación académica, especialmente en el primer y último año. A mis mejores amigos Javiera e Isaías, sin ustedes la carrera hubiese sido totalmente diferente.*

Jan Franco

## ÍNDICE

RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
MARCO TEÓRICO.....	10
1.1. Definición .....	10
1.2. Observación clínica.....	12
1.3. Translucidez y opacidad.....	15
OBJETIVOS .....	16
2.1. Problema a investigar .....	16
2.2. Objetivo general.....	16
2.3. Objetivos específicos .....	16
MATERIAL Y MÉTODOS .....	17
3.1. Universo y muestra .....	17
3.2. Criterios de inclusión y exclusión .....	17
3.3. Registro clínico de las lesiones.....	17
3.4. Análisis radiográfico .....	18
3.5. Procesamiento histológico de la muestra.....	18
3.6. Análisis microscópico .....	18
3.7. Procesamiento y análisis digital de las imágenes .....	19
RESULTADOS.....	20
DISCUSIÓN .....	25
CONCLUSIONES.....	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Etiología de las lesiones cervicales no cariosas .....	11
Figura 2: Eventos morfológicos.....	20
Figura 3: Modalidades dentinarias .....	21
Figura 4: Espécimen representativo 1.....	22
Figura 5: Espécimen representativo 2.....	22
Figura 6: Espécimen representativo 3.....	22
Figura 7: Espécimen representativo 4.....	22
Figura 8: Distribución de las modalidades de dentina .....	23

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala de desgaste dentario de Smith y Knight . ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 2: Escala de esclerosis dentinaria de Carolina del Norte.....	13
Tabla 3: Registro de las modalidades dentinarias observadas.....	24

## RESUMEN

**Antecedentes:** Las lesiones cervicales no cariosas (LCNC) son defectos de la estructura dental en el límite amelocementario (LAC) y motivo de consulta prevalente. La dentina es el tejido dentario más abundante, sus túbulos se biomineralizan producto del envejecimiento aumentando su translucidez. La descripción morfológica de las LCNC desde una perspectiva histológica y anatomopatológica es actualmente escasa. Es importante reconocer la morfología y composición dentinaria de las LCNC para planificar tratamientos restauradores.

**Objetivos:** Analizar histológicamente la translucidez dentinaria en LCNC a través de observaciones microscópicas y caracterizar digitalmente los tipos de dentina en LCNC mediante análisis de umbral de color.

**Materiales y métodos:** Se analizaron 44 especímenes con LCNC mediante desgastes mesiodistales en el eje axial que fueron observados sobre fondo negro mediante microscopía de epi-iluminación. Se analizó digitalmente la dentina mediante el *plug-in* Threshold Colour para ImageJ.

**Resultados:** La translucidez de la dentina se expresó histológicamente como dentina transparente (41%), opaca (95%), transicional (98%), afectada por la reacción de Maillard (84%) y en dentina con alteraciones por la ingesta de antibióticos (11%).

**Discusiones y conclusiones:** Las LCNC son entidades heterogéneas en las cuales los niveles de translucidez dentinaria presentan distinta distribución en cada espécimen.

**Palabras clave:** *lesiones cervicales no cariosas, dentina transparente, análisis digital, odontología restauradora.*

## ABSTRACT

**Background:** Non-carious cervical lesions (NCCL) are defects at the cementoenamel junction (CEJ) of the tooth and constitute a prevalent chief complaint. Dentin is the main mineralized component of the tooth structure, its tubules mineralize as a consequence of ageing, increasing its translucency. A morphological description of NCCLs from a histological and anatomopathological point of view is currently scarce. Is important to recognize the morphology and composition of the NCCL's dentin in the restorative treatments planning.

**Objectives:** Histologically analyze the dentinal translucency present in NCCLs through microscopic observation and the digital characterization of the dentinal types of NCCLs using colour thresholding analysis.

**Method:** Forty-four specimens with NCCLs were analyzed after axial mesiodistal abrasion, observed over a black background by means of epi illumination microscopy. The dentin was analyzed using the Threshold Colour plug-in for the ImageJ software.

**Results:** The dentin translucency was expressed histologically as transparent (41%), opaque (95%), transitional (98%), affected by Maillard reaction (84%), and altered by antibiotic intake (11%).

**Discussion and conclusion:** NCCLs are heterogeneous entities in which the dentinal translucency levels present a different distribution among each specimen.

**Keywords:** *non-carious cervical lesion, transparent dentin, digital analysis, restorative dentistry.*

## INTRODUCCIÓN

Las lesiones cervicales no cariosas (LCNC) son defectos de la estructura dental que ocurren a nivel del límite amelocementario (LAC) por pérdida de tejido mineralizado no relacionada con *biofilms* cariogénicos, representan un motivo de consulta habitual por su alta prevalencia en la población alcanzando un 46,7% a nivel mundial, con una ocurrencia aún mayor (69%) en poblaciones sudamericanas (1).

La dentina es el tejido mineralizado más abundante del diente, cuyas características microestructurales más importantes son la presencia de túbulos dentinarios inmersos en una matriz colágena mineralizada. Producto del envejecimiento los túbulos dentinarios se biomineralizan (esclerosis dentinaria), lo que produce un aumento de la translucidez y una disminución de la opacidad del tejido (2).

La translucidez de la dentina es la propiedad del tejido que permite ver la apariencia de un fondo subyacente. Usualmente se determina por una relación de contraste (RC) que corresponde a la diferencia en luminosidad o color entre dos áreas adyacentes de una imagen, determinando el nivel de contraste entre las zonas más claras y más oscuras de esta sobre un elemento de fondo (2).

La descripción de la morfología de las LCNC desde una perspectiva histológica y anatomopatológica es escasa en la actualidad. La mayor parte de los estudios se relacionan con la interacción de biomateriales adhesivos con las LCNC tanto en condiciones *in vitro* como *in vivo* (3).

Desde una perspectiva clínica, una clasificación visual para determinar el grado de esclerosis dentinaria fue propuesta por Duke y cols. en 1991, en la cual define 4 categorías. La categoría 1 implica la ausencia de esclerosis dentinaria que se manifiesta por una dentina de color amarillo pálido o blanquizca, la dentina es opaca y poco translúcida (estas lesiones son típicas en individuos jóvenes). La categoría 2 es más que la categoría 1, pero menos del 50% entre la categoría 1 y 4. La categoría 3 es menos que la categoría 4 pero más del 50% entre las categorías 1 y 4, y en la categoría 4 hay presencia importante de esclerosis, la dentina es de color amarillo oscuro, incluso decolorada (parduzca). La dentina aparece vidriosa, con una translucidez significativa o una transparencia evidente (estas lesiones son típicas en individuos senescentes)(4).

Esta clasificación visual utiliza términos imprecisos, subjetivos y categorías confusas, que dificultan su uso para la selección de especímenes en estudios tanto clínicos como experimentales. Por otra parte, relaciona cambios de color con eventos histológicos que difícilmente pueden ser valorados bajo inspección visual (4). Es sorprendente además que, considerando el avance del conocimiento en la morfología de los tejidos dentarios normales y patológicos, en las bases de datos de la literatura científica no existen en la actualidad estudios que describan la morfología microscópica de las LCNC en dientes mineralizados.

Es importante que los clínicos reconozcan la morfología y la composición de la dentina en las LCNC antes de planificar un tratamiento restaurador basado en técnicas adhesivas. ¿Cómo los cambios en la organización molecular y estructural de la dentina se expresan en cambios de color a la inspección visual o clínica? Es un problema que no ha sido abordado apropiadamente. Este estudio exploratorio, utilizando técnicas histológicas y de análisis digital de imágenes, pretende estudiar un fenómeno de alto interés clínico en el cual la ciencia no ha entregado información suficiente que permita relacionar la biología de la dentina con el comportamiento clínico de las LCNC. Predecir la longevidad de las restauraciones adhesivas durante el tratamiento de estos defectos en la morfología de un diente es un desafío clínico importante.

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Definición

Las LCNC son definidas como el efecto resultante de la pérdida de estructura dentaria ubicada en el LAC en ausencia de lesiones de caries. Se caracterizan por presentar dos diferentes patrones morfológicos distintos en la inspección clínica: una lesión en forma de “platillo” con ángulos redondeados (abrasión y erosión) y una lesión con forma de cuña con los ángulos internos afilados (abfracción)(5).

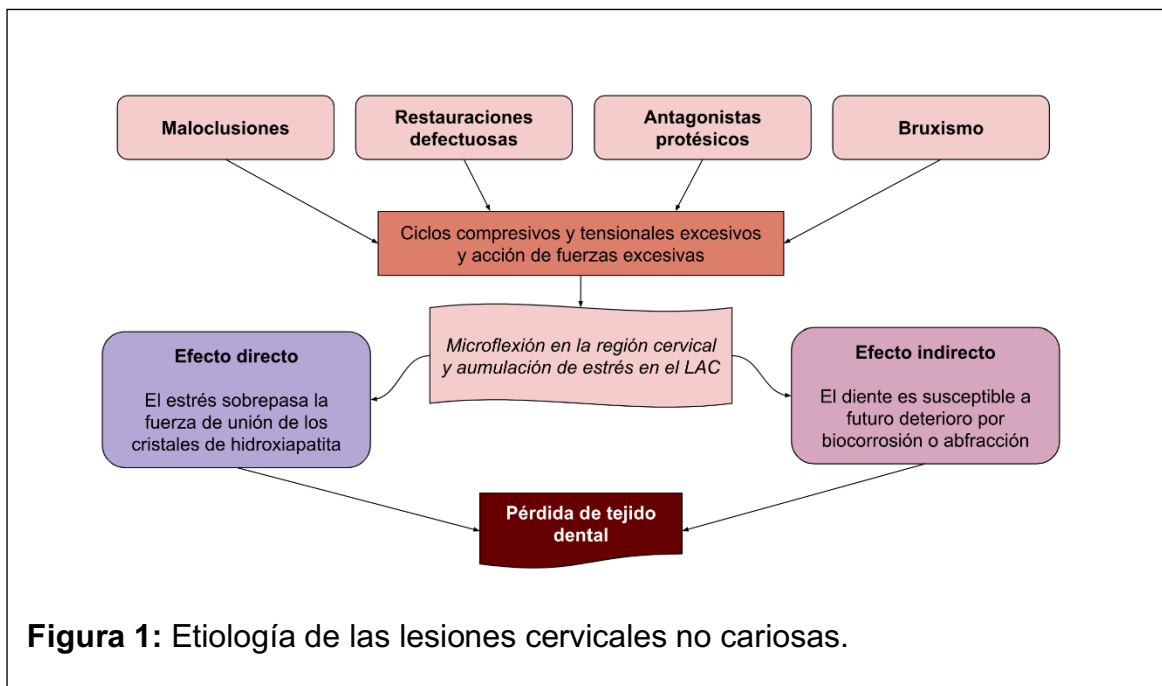
La abrasión es una lesión en forma de platillo, con bordes definidos y superficie lisa, causada por el deslizamiento o roce constante de elementos abrasivos sobre la superficie dentaria. Son muchos los factores que pueden causar abrasiones, dentro de estos se encuentran el uso de pastas dentales abrasivas, cepillos dentales con cerdas duras, técnica de cepillado inadecuada por el exceso de fuerza aplicada, consumo de alimentos abrasivos, etc. Estas lesiones tienden a ser poco profundas y no generan demasiada hipersensibilidad (5).

La erosión por su parte ocurre producto de la biocorrosión, que se define comúnmente cómo la disolución progresiva de los tejidos dentarios provocada por ácidos no generados por bacterias, la severidad de los daños causados por la erosión depende de muchos factores cómo el tiempo de exposición al elemento ácido, la temperatura, el pH y la concentración entre otros. Estos ácidos pueden ser de origen exógeno o endógeno (5).

La abfracción, cuyo nombre proviene del latín *ab* que denota separación, y la palabra *fractio*, que denota una parte quebrada de un todo, es una LCNC en forma de cuña producida por la tensión generada por fuerzas oclusales cíclicas y no axiales (6).

Se ha sugerido que las fuerzas laterales producen un estrés compresivo hacia una dirección y tensional (de estiramiento) hacia la otra, generando en el tiempo microfracturas del esmalte y dentina en la región cervical del diente. Dichas fracturas se van a propagar en una dirección perpendicular al eje longitudinal del diente dando origen a una lesión localizada alrededor del LAC (6).

Los factores etiológicos que determinan la formación de la LCNC son controversiales. Algunos autores, basados en modelos físico-matemáticos proponen que el factor etiológico principal es el estrés por tensión producto de la masticación y maloclusiones. Esta situación genera fuerzas cíclicas y excéntricas excesivas, llevando a una microflexión de la región cervical, pasando a un ciclo de estrés cíclico de tensión y compresión, produciendo finalmente una concentración de estrés en el LAC. Este mecanismo etiopatogénico se representa en la figura 1, modificada a partir de lo propuesto por Sarode (6).



Respecto de la ubicación de las LCNC, los sitios más afectados son las caras vestibulares en comparación a las linguales. Los dientes más afectados son los premolares y caninos en sus caras vestibulares, lo que se correlaciona a los sitios en donde el cepillado es más agresivo. Se han descrito múltiples índices para categorizar el desgaste dentario, siendo el más aceptado el propuesto por Smith y Knight, que propone los siguientes códigos para los desgastes en la zona cervical del diente (7).

<b>Tabla 1: Escala de desgaste dentario de Smith y Knight (7)</b>	
Código	Criterio de desgaste en la zona cervical
0	Sin cambios en el contorno
1	Mínimos cambios en el contorno
2	Defecto menor a 1mm de profundidad
3	Defecto entre 1-2mm de profundidad
4	Defecto mayor a 2mm de profundidad Exposición de pulpa Exposición de dentina secundaria

## 1.2. Observación clínica

En los estudios clínicos que analizan las LCNC es frecuente el uso de la Escala de Esclerosis Dentinaria (*Dentin Sclerosis Scale*), desarrollada en 1991 por Duke en la Universidad de Texas (4), modificada recientemente por el Departamento de Operatoria Dental de la Universidad de Carolina del Norte (8).

<b>Tabla 2: Escala de esclerosis dentinaria de Carolina del Norte (8)</b>	
Categoría	Características de la lesión esclerótica
1	No hay esclerosis presente La dentina es amarilla o blanquecina con poca decoloración La dentina es opaca con poca translucidez o transparencia
2	Más que la categoría 1, pero menos de la mitad (<50%) entre las categorías 1 y 4
3	Más que la categoría 1, pero más de la mitad (>50%) entre las categorías 1 y 4
4	Esclerosis significativa La dentina es amarillo oscuro o decolorada (café) La dentina tiene una apariencia brillante como de vidrio con significativa translucidez o transparencia

Las categorías de esta escala resultan confusas y difíciles de aplicar en la práctica clínica, ya que las categorías 2 y 3 dependen de la 1 y 4. La escala de esclerosis de Carolina del Norte tiene baja especificidad para las lesiones escleróticas leves o moderadas ya que diferentes grados de esclerosis pueden entrar en una misma categoría.

La dentina es el tejido mineralizado más abundante del diente, cuya característica microestructural más importante es la presencia de túbulos dentinarios inmersos en una matriz colágena mineralizada. Análisis topográficos determinan que la matriz dentinaria puede ser dividida y clasificada en tres entidades; dentina del manto, circumpulpar, y preentina. Desde una perspectiva embriológica, la dentina puede ser dividida y clasificada nuevamente en otras tres entidades; dentina primaria, secundaria y terciaria (reaccional y reparativa)(9).

Durante el ciclo de vida de una pieza dentaria, las matrices dentinarias se modifican bioquímica y estructuralmente lo que se manifiesta por mineralización del lumen tubular (esclerosis tubular) lo que produce un aumento de la translucidez y una disminución de la opacidad del tejido, detectándose estas áreas escleróticas como transparentes (9).

No hay un consenso en la literatura en cuanto a las propiedades mecánicas de la dentina transparente de distintas zonas de un diente, pero tradicionalmente se entiende que mientras mayor contenido mineral aumenta también la dureza, el módulo elástico y la resistencia al desgaste. El aumento del módulo elástico se corresponde con una mayor rigidez y fragilidad del tejido. La dentina transparente se considera más dura que la dentina opaca debido a su mayor contenido mineral (10).

Balooch comparó las propiedades mecánicas de la dentina opaca y transparente mediante pruebas de nanoindentación, mostrando módulos de elasticidad y durezas similares entre la dentina peri e intertubular. Tanto la dentina opaca como la transparente se observaron con distintos grados de esclerosis y alteración. La transparencia de la dentina se correspondía directamente con la disminución del diámetro tubular. Se aprecia una mayor variabilidad de características morfológicas y distintos grados de obliteración cuando la transparencia dentinaria es de mediana cuantía (11).

Las zonas de dentina transparente parecen responder de manera distinta a los protocolos adhesivos en comparación a la dentina normal debido a su alto grado de mineralización. Dentina esclerótica y transparente se utilizan a menudo como términos intercambiables, pero en realidad la transparencia es el resultado de un fenómeno óptico producido por depósitos minerales cristalinos (10).

La esclerosis de los túbulos dentinarios puede ser una respuesta a la injuria patológica o fisiológica, el conocimiento del desarrollo y distribución morfológica de la dentina transparente está aún incompleto. La dentina translúcida se puede asociar al proceso de envejecimiento cuando se presenta en los túbulos dentinarios próximos al ápice (12).

### **1.3. Translucidez y opacidad**

La translucidez de un material involucra 3 parámetros, la relación de contraste, la transmitancia, y el parámetro de translucidez. La transmitancia es definida como la cantidad de energía radiante que puede atravesar un material por unidad de tiempo, en un fenómeno afectado por la dispersión y reflexiones internas de la luz dentro del material (13).

El parámetro de translucidez se define como la diferencia euclidiana entre dos coordenadas de color CIE Lab de un material que ha sido medido a un espesor estandarizado con una superficie de fondo blanca y negra. La sección tubular de la dentina tiene un rol importante en la propagación de la luz dentro de la dentina, ya que esta pasa a través de los espacios tubulares que contienen agua, depósitos minerales, fluido dentinario entre otros, teniendo todos estos componentes distintos índices de refracción, afectándose así los parámetros de transmitancia, reflectividad, dispersión, y absorción de la luz además de generar un efecto similar al de la fibra óptica (14).

## **OBJETIVOS**

### **2.1. Problema a investigar**

¿Cuál es la translucidez de la dentina en las distintas zonas de una LCNC?

### **2.2. Objetivo general**

Analizar histológicamente la translucidez de la dentina de las LCNC.

### **2.3. Objetivos específicos**

1) Observar microscópicamente la translucidez de la dentina de las lesiones cervicales no cariosas.

2) Caracterizar digitalmente los distintos tipos de dentina de las lesiones cervicales no cariosas mediante análisis de umbral de color.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **3.1. Universo y muestra**

La muestra está constituida por 44 piezas dentarias extraídas en el policlínico de exodoncia de la asignatura de Medicina Estomatológica y Clínica del Dolor II, durante los años 2019 y 2023, de un universo de 800 especímenes fijados en formaldehído al 10%.

### **3.2. Criterios de inclusión y exclusión**

Se incluyeron en la muestra todos aquellos especímenes portadores de LCNC extraídos por mal pronóstico periodontal y/o rehabilitador. Se excluyeron de la muestra aquellos especímenes en que las LCNC se relacionaban con caries en la región cervical.

### **3.3. Registro clínico de las lesiones**

Los especímenes inmersos en agua destilada fueron observados mediante epiluminación sobre un fondo negro utilizando un microscopio estéreo Nikon SMZ800 y fotografiados mediante una cámara digital Nikon DS-Fi1 manipulada a través del *software* NiS Elements 3.1 (Nikon Corporation) para obtener un registro clínico de las lesiones. Las imágenes se almacenaron en formato JPEG.

### **3.4. Análisis radiográfico**

Todos los especímenes de la muestra fueron radiografiados por contacto con un tiempo de exposición de 0.06 segundos a 60 kV con un sensor digital Sirona XIOS XG.

### **3.5. Procesamiento histológico de la muestra**

Cada espécimen de la muestra fue desgastado mesiodistalmente en el plano axial, con discos rotatorios de diamante y refrigeración constante, para exponer el centro de la LCNC. Con el objeto de estandarizar la orientación del desgaste, en la superficie obtenida una línea recta conectó el borde incisal con el foramen apical. Como control se utilizaron molares y premolares sanos, libres de caries, extraídos por indicación ortodóncica o quirúrgica.

### **3.6. Análisis microscópico**

La superficie de corte de cada espécimen, embebida en agua sobre un fondo negro, fue analizada y fotografiada de acuerdo con lo expuesto anteriormente. De cada espécimen se obtuvieron tres imágenes consecutivas estandarizadas, las que fueron superpuestas digitalmente utilizando Adobe Photoshop versión 23.2.2.

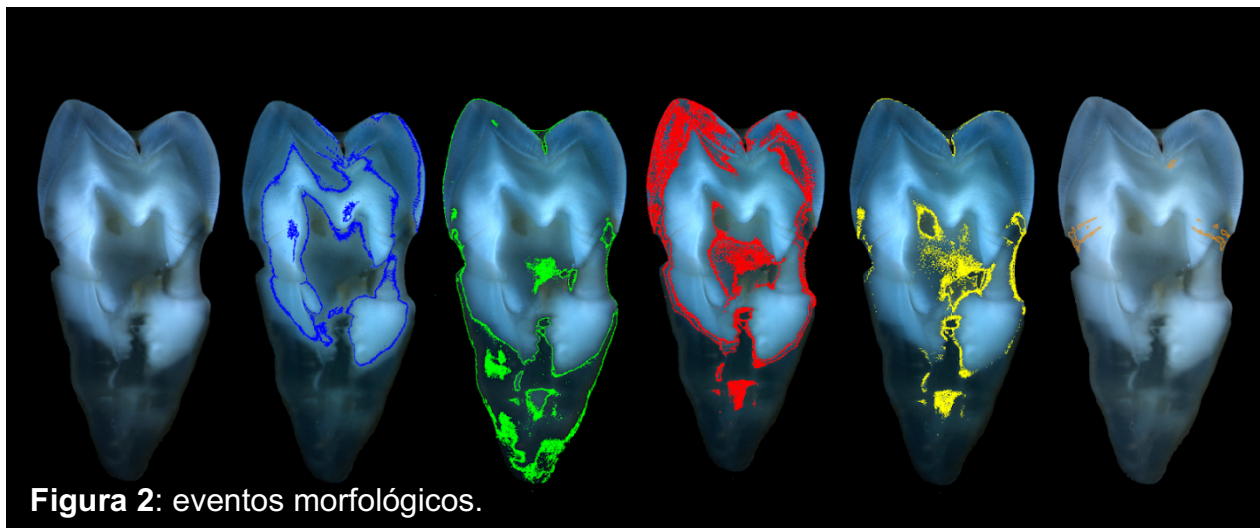
### 3.7. Procesamiento y análisis digital de las imágenes

La translucidez de la dentina se analizó en las imágenes obtenidas utilizando el *plug-in Threshold Colour* para el *software* ImageJ desarrollado por Landini (15). Para estos efectos, mediante inspección visual y la herramienta *Free Hand Selection* se definió una región de interés (ROI) para cada particularidad morfológica de toda la dentina del plano de corte del diente analizado.

Para cada ROI se aplicó el umbral de color (*Threshold Colour*), utilizando el espacio de color CIE-lab. Cada particularidad morfológica de la dentina y correspondiente ROI se codificó con un color distintivo. La imagen final sujeta a análisis corresponde a la superposición digital de todas las regiones de interés de la dentina del diente estudiado.

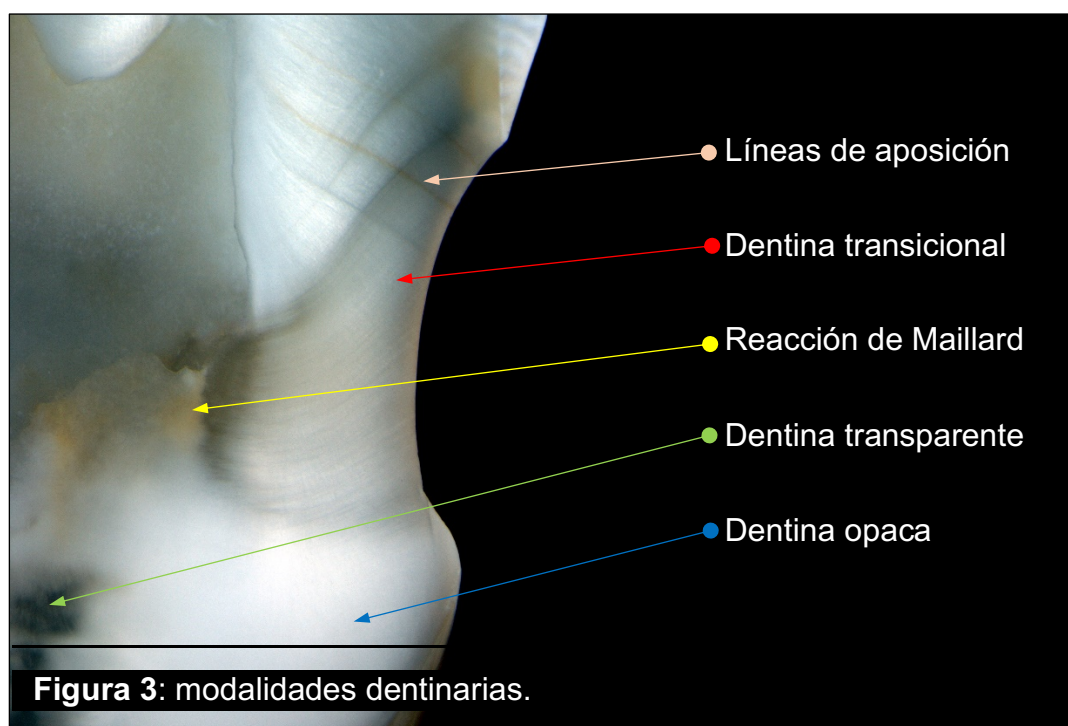
## RESULTADOS

El diagnóstico histológico mediante epi-iluminación sobre un fondo negro y su selección mediante análisis digital y umbral de color, permitió discriminar mediante inspección visual los siguientes eventos morfológicos; 1, áreas de dentina transparente (verde), 2, áreas de dentina opaca (azul), 3, áreas de dentina que presentan un nivel de translucidez intermedio entre lo opaco y transparente (rojo), 4, áreas de dentina modificada por la reacción de Maillard (amarillo), y 5, áreas de la dentina con líneas incrementales producto de alteraciones de la mineralización durante la dentinogénesis (naranja), como se muestra en la figura 1.



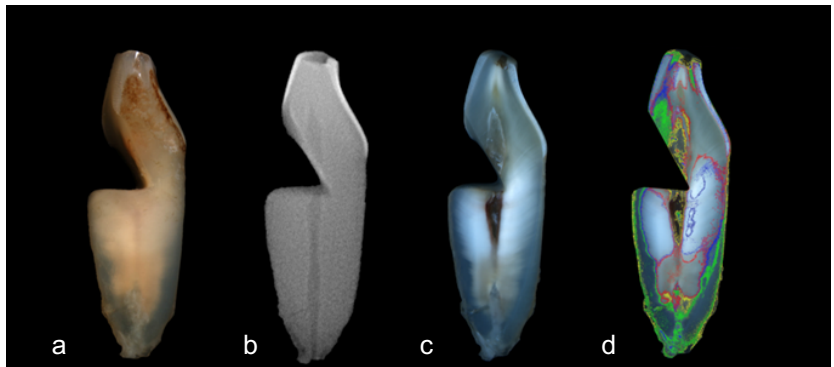
**Figura 2:** eventos morfológicos.

Todas las modalidades de dentina individualizadas por análisis digital se identificaron con nitidez en las LCNC de los cortes de especímenes fotografiados con mayores aumentos como se muestra en la figura 2.

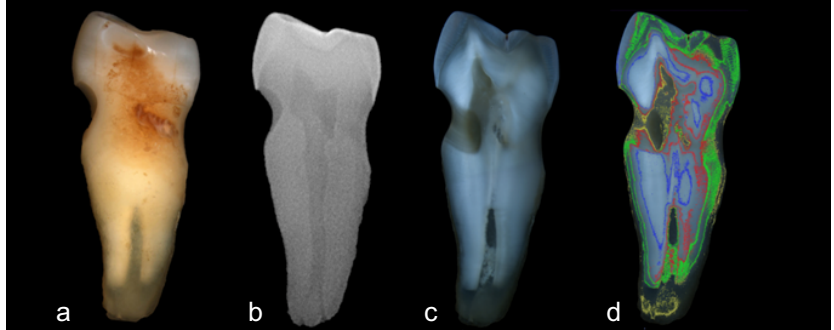


**Figura 3:** modalidades dentinarias.

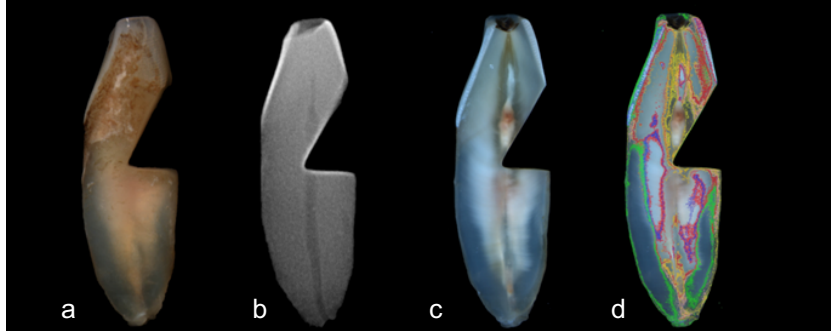
En las figuras 4, 5, 6 y 7 se observan 4 especímenes representativos de la muestra visualizados clínicamente (4a, 5a, 6a y 7a), radiográficamente (4b, 5b, 6b y 7b), histológicamente (4c, 5c, 6c, 7c). La superposición digital de todas las regiones de interés de la dentina de los dientes estudiados se observan en las figuras 4d, 5d, 6d y 7d.



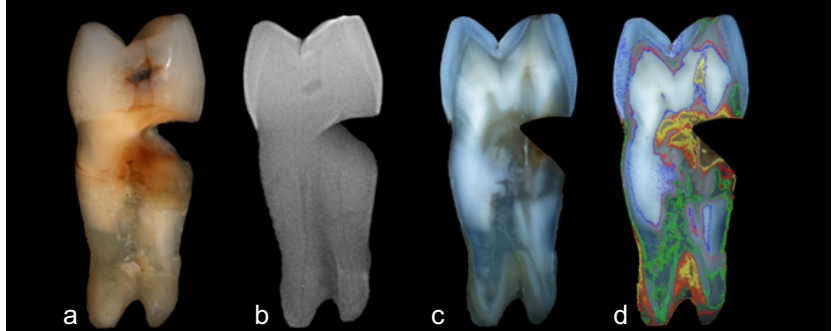
**Figura 4.**



**Figura 5.**

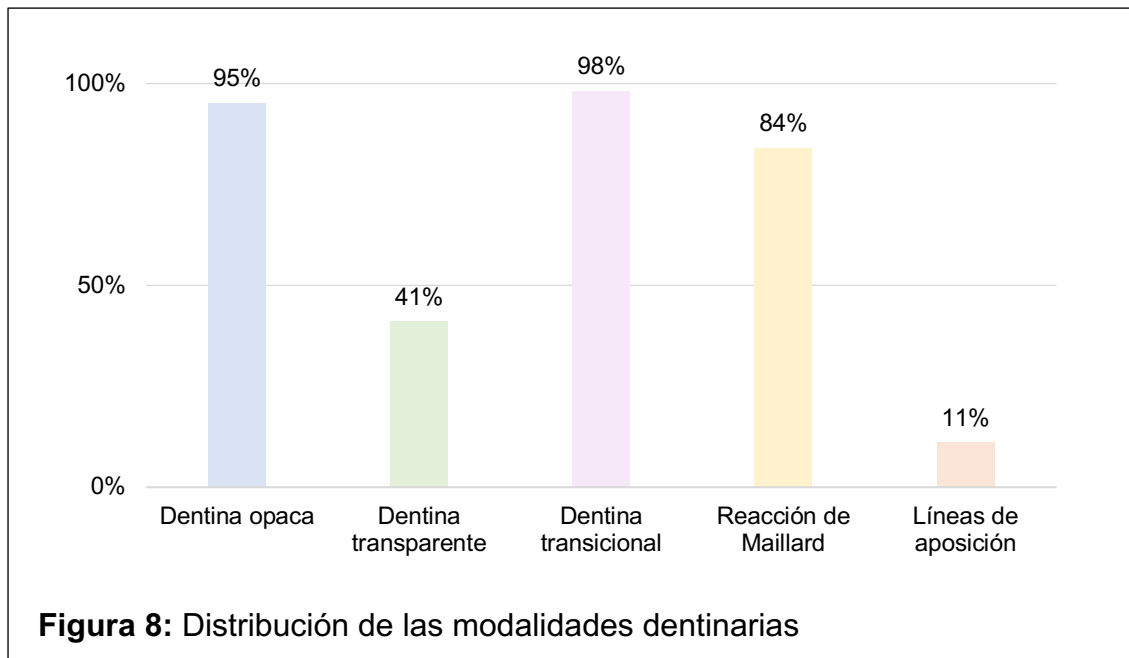


**Figura 6.**



**Figura 7.**

El análisis de la superposición de las ROI de todos los especímenes permitió graficar los resultados en la figura 8, a partir de los datos de la tabla 3 en la que se registra la distribución de las modalidades de dentina descritas para cada espécimen de la muestra. Una observación destacable fue que la presencia de dentina opaca y dentina transicional fueron las modalidades más frecuentes en la muestra. La distribución de todas las modalidades de dentina fue distinta en las LCNC de todos los especímenes.



**Tabla 3:** Registro de las modalidades dentinarias observadas

Espécimen	Dentina Opaca ●	Dentina Transparente ●	Dentina Transicional ●	Reacción de Maillard ●	Líneas de Aposición ●
1	✓	✓	✓		✓
2	✓		✓	✓	
3		✓	✓	✓	
4	✓	✓	✓	✓	
5	✓		✓	✓	✓
8	✓		✓	✓	
9	✓	✓	✓	✓	
11	✓	✓	✓	✓	
12	✓	✓	✓	✓	
14	✓	✓		✓	
15	✓	✓	✓		
16	✓		✓	✓	
17			✓	✓	
18	✓		✓	✓	
20	✓		✓		
21	✓	✓	✓	✓	✓
22	✓	✓	✓		
23	✓	✓	✓	✓	
26	✓		✓	✓	
27	✓		✓	✓	
28	✓	✓	✓	✓	
29	✓		✓	✓	
30	✓	✓	✓	✓	
32	✓	✓	✓	✓	
33	✓	✓	✓	✓	
34	✓		✓	✓	
35	✓	✓	✓		✓
36	✓		✓	✓	
37	✓		✓	✓	
38	✓		✓	✓	
39	✓	✓	✓	✓	
40	✓		✓	✓	✓
41	✓		✓	✓	
42	✓		✓	✓	
43	✓	✓	✓	✓	
44	✓		✓		

## DISCUSIÓN

En el presente estudio se analizó microscópicamente la dentina mediante análisis digital por umbral de color, con el objetivo de caracterizar morfológicamente los distintos niveles de translucidez presentes en las LCNC.

El uso de tecnología digital para la identificación de regiones de interés de una imagen definida es un procedimiento habitual en varias áreas del conocimiento. Es así como Landini y cols. utilizó un proceso automatizado para la detección de zonas específicas mediante umbrales de valores de grises en imágenes monocromáticas en cultivos celulares de carcinomas orales, desarrollando luego un proceso automatizado mediante un *plug-in* de código abierto para el *software* ImageJ para la detección de zonas específicas en color aplicable en los espacios de color RGB y CIE Lab (15). El uso de esta tecnología en nuestro estudio permitió que en forma simple determináramos las ROI necesarias para la individualización de los distintos tipos de dentina utilizando la translucidez de la matriz en cortes observados por epi-iluminación sobre un fondo negro.

Las propiedades ópticas de la dentina durante el ciclo de vida de una pieza dentarias se modifican por varias causas, siendo el envejecimiento y la biomecánica las más importantes (16). La transparentación de la dentina es un fenómeno que fisiológicamente involucra la oclusión del lumen tubular e hipermineralización de la matriz dentinaria. Transcurre topográficamente desde el foramen apical de un diente hacia cervical y centrípetamente desde el cemento radicular hacia la pulpa dental, existiendo una proporcionalidad directa entre la transparentación de la matriz con la edad del individuo (17).

La región cervical de un diente es compleja desde un punto de vista embriológico, morfológico y funcional. Está conformada por la interacción de tejidos mineralizados de distinta naturaleza entre los cuales se destacan el esmalte dental, el cemento acelular con fibras extrínsecas, el cemento acelular afibrilar, la dentina del manto y la dentina primaria (18). A pesar de lo anterior, la literatura odontológica no ha considerado en el inicio y progresión de las LCNC la organización estructural compleja de la región cervical. Relacionado con lo anterior, el conocimiento existente sobre la translucidez dentinaria y su relación con la morfología y fisiología de una LCNC es controversial.

Un artículo clásico en este tema fue publicado por Tay y cols. en 2000, en el cual mediante microscopia electrónica de barrido y transmisión analizaron dientes con abfracciones cuyas paredes se observaban brillantes y duras, de color amarillo oscuro a café oscuro. Estas entidades estaban conformadas por una capa bacteriana externa no mineralizada, de unos  $6\mu\text{m}$  de espesor, y a continuación de esta se observó una superficie hipermineralizada de aproximadamente  $15\mu\text{m}$  de grosor. Más profundamente se detectó una capa de dentina esclerótica y finalmente dentina sana. La superficie de la lesión está siempre hipermineralizada respecto de la capa subyacente de dentina esclerótica y la ultraestructura de esta capa hipermineralizada es altamente variable a medida que se profundiza la LCNC, ya que en las porciones más profundas se presentan colonias bacterianas mineralizadas atrapadas entre una estructura compleja constituida por capas hipermineralizadas discontinuas, que forman un conjunto de unos  $18\mu\text{m}$  de espesor (19).

La importancia de este estudio es indiscutible, sin embargo considerando la falta de criterios de inclusión de la muestra y su naturaleza ultraestructural, no se relacionan sus hallazgos con la translucidez de la dentina ni con la histología normal de la región cervical. Se incorpora en este estudio el concepto de dentina esclerótica, sin embargo, no se conoce si estas áreas contribuyen a aumentar la translucidez de la dentina regional. En nuestro estudio, realizado en cortes de dientes mineralizados, la translucidez pudo identificarse con nitidez, la que fue altamente variable en todos los especímenes de la muestra.

Evidentemente, las observaciones de Tay y cols. no se pueden extrapolar completamente a nuestro estudio considerando que el nivel de organización de la dentina es resuelto en niveles micrométricos-nanométricos y en nuestro caso en niveles milimétricos-micrométricos. Nuestro estudio realiza una valoración de la translucidez de la dentina de toda la LCNC anatómica y Tay y cols. reportan observaciones que no sobrepasan los 50µm de profundidad y en áreas muy pequeñas del total de la superficie de las lesiones.

Kinney y cols. definen la dentina transparente como una modificación de la dentina que ocurre durante el ciclo de vida de una pieza dentaria, comenzando en la porción apical de la raíz y extendiéndose a menudo a la dentina coronaria. Es necesario hacer la distinción entre esta dentina transparente fisiológica, producto del envejecimiento natural, de la dentina transparente que se observa en la zonas profundas de una lesión de caries dentinaria (16).

La transparencia de la matriz dentinaria resulta de la obliteración del lumen tubular con depósitos minerales. No existe certeza si el fenómeno de la transparencia es el resultado exclusivo de este relleno del túbulo dentinario o bien hay otras alteraciones de la mineralización de matriz de dentina intertubular (16).

Al estudiar las propiedades mecánicas de la dentina transparente, Kinney y cols. llegaron a la conclusión de que la predisposición a la fractura del tejido dentinario está significativamente afectada por la transparencia, ya que en comparación a la dentina normal u opaca, la dentina transparente tiene menor resistencia y una "plasticidad" reducida. Estos hallazgos son relevantes clínicamente ya que la transparencia a nivel radicular podría ser una de las causas relacionadas con la fragilidad de los dientes tratados endodónticamente que deben ser rehabilitados (16).

Ultramicroscópicamente se evidenció que en la dentina opaca, los cristales de hidroxiapatita de la dentina intertubular presentan un ancho mayor que los cristales de la dentina transparente. Los autores concluyen que los mecanismos involucrados en la transparentación dentinaria modifican previamente el ancho del cristal para luego reprecipitar el mineral disuelto (teoría de "disolución y reprecipitación")(17).

En nuestro estudio, la determinación de la dentina transparente y opaca en cortes observados sobre un fondo negro mediante inspección visual y digital fue un procedimiento simple, que permitió diferenciar mediante ROI específicas y umbral de color las matrices de dentina normal y modificada. Se observó que el 95% de las LCNCs estudiadas presentaron zonas de dentina opaca y un un 41% presentaron dentina transparente.

Un dato importante fue que el 98% de los especímenes presentaron dentina transicional en el cuerpo de la LCNC. La existencia de esta modalidad de dentina determinada por la translucidez analizada por umbral de color, no puede ser explicada por la metodología utilizada en este estudio. Sin embargo, podemos conjeturar que esta modalidad es hipermineralizada respecto de la dentina opaca, e hipomineralizada respecto de la dentina transparente. Comprobar esta suposición involucra el uso de microscopía con mayor poder de resolución, que permita evaluar el grado de mineralización de la dentina intra e intertubular de toda la LCNC.

La dentina de color amarillento fue clasificada como dentina afectada por la Reacción de Maillard y está presente en el 84% de la LCNC. La Reacción de Maillard es la glicosilación no enzimática de proteínas, mediante la cual cadenas polipeptídicas adquieren un color amarillento debido a la formación de compuestos avanzados de la glicosilación (AGE). Esta glicosilación ocurre en presencia de hidratos de carbono, oxígeno y temperatura fisiológica. La pentosidina es la especie molecular principal que forma enlaces entrecruzados entre las cadenas polipeptídicas del colágeno y le confieren a la matriz un color amarillento que tiene la propiedad de fluorescer cuando la superficie es excitada con luz de determinadas longitudes de onda (370-440nm)(20).

En el caso de la dentina, para que la matriz se torne amarillenta, el colágeno debe estar expuesto para que sea susceptible a ser modificado. Un ejemplo de esto es la detención de una lesión de caries dentinaria. En nuestros especímenes es posible observar extensas zonas de dentina de color amarillento en toda la dentina del diente y en las LCNC. La inspección visual, anatomopatológica y radiográfica descarta la presencia de lesiones de caries en las zonas amarillas. Este estudio no permite explicar la presencia de estas zonas de color amarillo en ausencia de caries. Se requiere un estudio bioquímico de alta resolución para comprobar lo discutido.

Respecto de las zonas de dentina con presencia de líneas de aposición o incrementales (11%), estas corresponden a perturbación de la mineralización de matriz dentinaria durante la odontogénesis del espécimen. Esta situación es comúnmente asociada con la ingesta de antibióticos quelantes (tetraciclinas) durante la dentinogénesis regional (21). La ingesta de tetraciclinas produce una matriz dentinaria cuyas líneas de aposición fluorescen intensamente cuando son excitadas. Inferimos que estas líneas de aposición corresponden a la ingesta de antibióticos ya que los especímenes observados con microscopía de epifluorescencia permiten detectar líneas fluorescentes intensas en el espesor de la dentina de la LCNC (datos no mostrados).

La comparación de los datos registrados en la tabla 3 con el corte histológico de cada uno de los especímenes permite evidenciar que la distribución y la cantidad de los distintos tipos de dentina analizados, es distinta en todas las LCNC de todos los especímenes. Sólo uno de los especímenes de la muestra presentó las 5 modalidades de dentina estudiadas.

Desde una perspectiva clínica, las LCNC constituyen un desafío importante para la odontología restauradora. Es así como en 1991 Duke desarrolló una escala de esclerosis dentinaria en las LCNC (4). Este instrumento intenta categorizar el estado de la dentina de las LCNC mediante una escala, a través de la simple inspección visual del operador. Esta escala basada en inspección visual y configuración morfológica de las LCNC es altamente subjetiva siendo difícil de aplicar entre diferentes operadores.

La escala de esclerosis tiene baja especificidad para determinar el grado de mineralización de la dentina en las LCNC. Desde una perspectiva clínica la dentina transparente sólo puede detectarse con dificultad en la periferia de las lesiones y que coincide con la dentina transparente fisiológica radicular.

No es posible detectar clínicamente cambios en la mineralización de la dentina en zonas profundas de las LCNC. Sólo la inspección histológica, en cortes por desgaste, permite tener una valoración real de los cambios en la opacidad y transparencia dentinaria. El fracaso de las restauraciones en las LCNC mediante resinas compuestas ha sido atribuida entre otros factores a un pobre control de la humedad, la adhesión a sustratos disímiles como el esmalte y la dentina, y las diferencias en la composición de la dentina de la lesión. Las características propias de las LCNC como las marcadas diferencias histológicas en la dentina presente, suponen desafíos únicos para las técnicas adhesivas ya que se aplican sobre una matriz hipermineralizada que es heterogénea, afectándose el espesor y calidad de la zona híbrida (22).

Una revisión reciente revela que las restauraciones de LCNC que utilizan vidrio ionómero como material restaurador tienen una retención del 93% a los 2 años, en comparación a 63% cuando se utiliza como material la resina compuesta fluida. Es notable además que la falta de un adecuado sellado deriva también en otras complicaciones como la hipersensibilidad, aspecto que es mejor solucionado por la restauración de vidrio ionómero debido a la menor sensibilidad de la técnica a la humedad (23). Otro meta-análisis demostró que las restauraciones de vidrio ionómero superan a las de resina compuesta en términos de retención y decoloración del margen de la restauración (24).

Algunas estrategias propuestas para mejorar el rendimiento de las técnicas adhesivas en el contexto de las LCNC es el uso de un agente quelante como EDTA previo al protocolo adhesivo, que ha demostrado una reducción de la microfiltración en estas restauraciones, así como también el asperizado de la superficie, y el uso de grabado selectivo (25).

## **CONCLUSIONES**

El análisis digital por umbral de color permite identificar 5 zonas con distintos niveles de translucidez dentinaria.

Las LCNC son entidades heterogéneas en las cuales los niveles de translucidez dentinaria presentan distinta distribución en cada espécimen.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Teixeira DNR, Thomas RZ, Soares PV, Cune MS, Gresnigt MMM, Slot DE. Prevalence of noncarious cervical lesions among adults: A systematic review. Vol. 95, *Journal of Dentistry*. Elsevier Ltd; 2020.
2. Yu B, Ahn JS, Lee YK. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. *Acta Odontol Scand*. 2009;67(1):57–64.
3. Rouse MA, May JT, Platt JA, Cook NB, Capin OR, Adams BN, et al. Clinical evaluation of a universal adhesive in non-carious cervical lesions. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 1 de octubre de 2020;32(7):691–8.
4. Duke ES, Lindemuth J. Variability of clinical dentin substrates. *Am J Dent*. octubre de 1991;4(5):241–6.
5. Walter C, Kress E, Götz H, Taylor K, Willershausen I, Zampelis A. The anatomy of non-carious cervical lesions. *Clin Oral Investig*. enero de 2014;18(1):139–46.
6. Sarode G, Sarode S. Abfraction: A review. Vol. 17, *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*. 2013. p. 222–7.
7. Smith BG, Knight JK. An index for measuring the wear of teeth. *Br Dent J*. 23 de junio de 1984;156(12):435–8.
8. Sun X, Ban J, Sha X, Wang W, Jiao Y, Wang W, et al. Effect of Er, Cr: YSGG laser at different output powers on the micromorphology and the bond property of non-carious sclerotic dentin to resin composites. *PLoS One*. 6 de noviembre de 2015;10(11).
9. Goldberg M, Kulkarni AB, Young M, Boskey A. Dentin: structure, composition and mineralization. *Front Biosci (Elite Ed)* [Internet]. 1 de enero de 2011;3(2):711–35. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21196346>

10. Martín N, García A, Vera V, Garrido MA, Rodríguez J. Mechanical characterization of sclerotic occlusal dentin by nanoindentation and nanoscratch. *Am J Dent* [Internet]. abril de 2010;23(2):108–12. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20608302>
11. Balooch M, Demos SG, Kinney JH, Marshall GW, Balooch G, Marshall SJ. Local mechanical and optical properties of normal and transparent root dentin. *J Mater Sci Mater Med*. junio de 2001;12(6):507–14.
12. Selvaman M, Madhushankari G, Praveen B, Donoghue M, Nayak V, Diwakar G. Effect of vitality on translucent dentine - a study. *J Int Oral Health* [Internet]. abril de 2013;5(2):1–7. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24155584>
13. Transmittance. En: *The IUPAC Compendium of Chemical Terminology*. Research Triangle Park, NC: International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC); 2014.
14. Pop-Ciutnila IS, Ghinea R, Colosi HA, Dudea D. Dentin translucency and color evaluation in human incisors, canines, and molars. *J Prosthet Dent*. abril de 2016;115(4):475–81.
15. Landini G, Randell DA, Fouad S, Galton A. Automatic thresholding from the gradients of region boundaries. *J Microsc*. 1 de febrero de 2017;265(2):185–95.
16. Kinney JH, Nalla RK, Pople JA, Breunig TM, Ritchie RO. Age-related transparent root dentin: mineral concentration, crystallite size, and mechanical properties. *Biomaterials*. junio de 2005;26(16):3363–76.
17. Porter AE, Nalla RK, Minor A, Jinschek JR, Kisielowski C, Radmilovic V, et al. A transmission electron microscopy study of mineralization in age-induced transparent dentin. *Biomaterials*. diciembre de 2005;26(36):7650–60.
18. Daley T, Harbrow D, Kahler B, Young W. The cervical wedge-shaped lesion in teeth: a light and electron microscopic study. *Aust Dent J*. 24 de septiembre de 2009;54(3):212–9.

19. Tay FR, Kwong SM, Itthagarun A, King NM, Yip HK, Moulding KM, et al. Bonding of a self-etching primer to non-carious cervical sclerotic dentin: interfacial ultrastructure and microtensile bond strength evaluation. *J Adhes Dent.* 2000;2(1):9–28.
20. Kleter GA, Damen JJM, Buijs MJ, Cate JM Ten. The Maillard reaction in demineralized dentin in vitro. *Eur J Oral Sci.* junio de 1997;105(3):278–84.
21. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Boyde A, Festy F, Watson TF. Calcium silicate cement-induced remineralisation of totally demineralised dentine in comparison with glass ionomer cement: tetracycline labelling and two-photon fluorescence microscopy. *J Microsc.* febrero de 2015;257(2):151–60.
22. Perez C dos R, Gonzalez MR, Prado NAS, de Miranda MSF, Macêdo M de A, Fernandes BMP. Restoration of Noncarious Cervical Lesions: When, Why, and How. *Int J Dent.* 2012;2012:1–8.
23. Patano A, Malcangi G, De Santis M, Morolla R, Settanni V, Piras F, et al. Conservative Treatment of Dental Non-Carious Cervical Lesions: A Scoping Review. *Biomedicines.* 25 de mayo de 2023;11(6).
24. Beerens MW, ten Cate JM, Buijs MJ, van der Veen MH. Long-term remineralizing effect of MI Paste Plus on regression of early caries after orthodontic fixed appliance treatment: a 12-month follow-up randomized controlled trial. *Eur J Orthod.* 28 de septiembre de 2018;40(5):457–64.
25. Gonçalves DFM, Shinohara MS, Carvalho PRM de A, Ramos F de S e S, Oliveira L de C, Omoto ÉM, et al. Three-year evaluation of different adhesion strategies in non-carious cervical lesion restorations: a randomized clinical trial. *Journal of Applied Oral Science.* 2021;29.