

Estudio comparativo del esmalte sano e hipomineralizado de dientes temporales: estudio piloto

CLARA SERNA MUÑOZ¹, MAR BOTELLA PASTOR², INMACULADA GÓMEZ RÍOS², AMPARO PÉREZ SILVA¹, ANTONIO JOSÉ ORTIZ RUIZ¹

¹Departamento de Odontología Integrada Infantil. Clínica Odontológica Universitaria. Universidad de Murcia. Hospital General Universitario Morales Meseguer. Murcia. ²Servicio de Idiomas. Universidad de Murcia. Murcia

RESUMEN

Introducción: el esmalte dental, compuesto principalmente por hidroxiapatita puede presentar hipomineralización, un defecto cualitativo observado tanto en dentición permanente (MIH) como temporal (DMH o HSPM).

Objetivo: el objetivo de este estudio fue realizar un estudio macroscópico, microscópico y de composición elemental del esmalte de dientes sanos e hipomineralizados.

Material y métodos: este estudio comparó dientes temporales sanos e hipomineralizados mediante observación macroscópica, microscopia electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía de rayos X de energía dispersiva (EDX).

Resultados: se encontraron diferencias en morfología, microestructura presentando los dientes con HSPM un esmalte desestructurado, poroso y fracturado. Con respecto a la composición química presentan significativamente menor contenido de Ca (14,38 vs 29,45) y P (8,89 vs 15,13), y mayor de C (30,79 vs 12,37).

Conclusiones: el esmalte hipomineralizado presentó unas características macro- y microscópicas diferentes al esmalte sano, así como un menor contenido en Ca y P y un ratio Ca/P reducida.

PALABRAS CLAVE: Esmalte dental. Hipomineralización. Molares temporales. Microestructura. Composición química.

Recibido: 21/06/2024 • Aceptado: 26/09/2024

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de interés.

Inteligencia artificial: los autores declaran no haber usado inteligencia artificial (IA) ni ninguna herramienta que use IA para la redacción del artículo.

Serna Muñoz C, Botella Pastor M, Gómez Ríos I, Pérez Silva A, Ortiz Ruiz AJ. Estudio comparativo del esmalte sano e hipomineralizado de dientes temporales: estudio piloto. Odontol Pediatr 2024;32(3):179-185

Correspondencia:

Inmaculada Gómez Ríos. Departamento de Odontología Integrada Infantil. Clínica Odontológica Universitaria. Universidad de Murcia. Hospital General Universitario Morales Meseguer. Avenida Marqués de los Vélez, s/n. 2.ª planta. 30007 Murcia
e-mail: macu@innovadental.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/odontolpediatr.00023>

INTRODUCCIÓN

El esmalte dental es el tejido más duro y mineralizado del cuerpo humano (1). Es una sustancia que contiene propiedades sobresalientes y está fabricado para soportar las fuerzas de la masticación durante toda la vida del diente, además de variaciones químicas y temperatura extremas, y es el encargado de proteger la estructura dental de los agentes externos (2).

Se trata de una estructura tisular altamente mineralizada, con una composición de 96 % de materia inorgánica, principalmente hidroxiapatita. La hidroxiapatita la forman los ameloblastos, células responsables de producir una matriz extracelular que contiene cristales carbonatados de hidroxiapatita (3). Los ameloblastos que forman el esmalte dental desaparecen una vez se ha completado la formación de este tejido duro, por lo tanto, el esmalte no puede ser remodelado como en el caso de otros tejidos como el hueso, y cualquier alteración que tenga lugar durante su desarrollo, dejará marcado al diente de manera permanente (4).

Durante la formación del esmalte, los factores ambientales pueden generar dos tipos fundamentales de defectos, hipoplasia del esmalte e hipomineralización del esmalte (5).

El término hipomineralización incisivo molar (MIH) fue definido por primera vez en 2001 por Weerheijm y colaboradores como defectos macroscópicos cualitativos y demarcados del desarrollo del esmalte originados durante la fase inicial de maduración del esmalte, que afectan a al menos uno de los cuatro primeros molares permanentes, pudiendo asociarse con alteraciones en los incisivos superiores definitivos y, con menor frecuencia, en los inferiores (1,6,7). La prevalencia de este defecto del esmalte oscila entre el 2,9 y el 44 %, siendo su media global del 14,2 % (6).

Estos defectos pueden aparecer tanto en dentición permanente como en dentición temporal (6). Se han descrito defectos similares en los segundos molares temporales (1), definidos en la literatura como molares deciduos hipomineralizados (DMH) o hipomineralización de segundos molares primarios (HSPM), cuya prevalencia varía del 2,9 al 21,8 % (6).

Tanto los defectos manifestados por la MIH como por la DMH presentan características clínicas similares como presencia de opacidades demarcadas en el esmalte, es decir, alteraciones en su translucidez, de color blanco cremoso, blanco-amarillento o amarillo- marrón, fracturas pos eruptivas del esmalte, cavidades atípicas producidas por lesiones de caries y restauraciones atípicas (6), lo que conlleva un gran impacto en la necesidad de tratamiento para estas lesiones tanto en niños como en adolescentes (8).

Los dientes hipomineralizados son dientes más frágiles y propensos a sufrir fracturas pos eruptivas del esmalte, producidas por las fuerzas de la masticación. Adicionalmente, presentan una mayor sensibilidad ante estímulos térmicos, mecánicos y químicos (7). Debido a que el esmalte hipomineralizado es más débil y se puede producir un deterioro pos eruptivo, la hipomineralización se ha descrito como un factor de riesgo importante para la aparición de lesiones de caries en los molares temporales (6).

Las propiedades mecánicas del esmalte de los dientes hipomineralizados se encuentran determinadas por su densidad mineral (4). Algunos autores reportan que tanto el módulo de elasticidad como la dureza en estos dientes son significativamente menores que los presentados por el esmalte sano (7). Además, la evidencia científica reporta escasos informes acerca de la densidad mineral presentada por los molares deciduos hipomineralizados (DMH). Sin embargo, el contenido mineral de los molares afectados por MIH se ha estudiado mediante microCT, una técnica de análisis de rayos X de laboratorio no destructiva para la visualización 3D y cuantificación a nivel microscópico, informando de que este esmalte afectado presenta una reducción en la densidad mineral de entre un 19 % y un 20 % (4).

Los análisis elementales muestran diferencias significativas entre el esmalte hipomineralizado y el esmalte normal en cuanto a su composición química y densidad mineral, con una notable disminución del contenido mineral (9), es decir, de su materia inorgánica, ya que fundamentalmente la relación entre calcio (Ca) y fósforo (P) se ve limitada entre un 5 y un 20 % (7).

Por otro lado, se produce un aumento del componente orgánico, es decir, de la matriz orgánica (9), observándose un incremento significativo de carbono (C) en comparación con el presentado por el esmalte sano (6), además de valores más altos para magnesio (Mg), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidrocarburos en el esmalte hipomineralizado (3). Sin embargo, no existe tanta información disponible acerca de la HSPM, aunque sí se ha descrito que los molares primarios hipomineralizados presentan una densidad mineral de entre un 20 y un 22 % menor en las zonas del esmalte con opacidades amarillas o marrones (6).

Para finalizar, en cuanto a la microestructura, el esmalte hipomineralizado destaca por tratarse de un esmalte más desorganizado y poroso, con varillas delgadas e irregulares (6) y una estructura prismática más desorganizada (7), con espacios interprismáticos más amplios (8).

El objetivo de este estudio fue realizar un estudio macroscópico, microscópico y de composición elemental del esmalte de dientes sanos e hipomineralizados.

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio fue aprobado por el comité de bioseguridad en experimentación de la Universidad de Murcia con número de resolución 597/2023. Todos los pacientes o sus tutores firmaron un consentimiento informado autorizando el estudio de las muestras obtenidas.

Todas las piezas dentales motivo de estudio fueron obtenidas de diferentes recipientes conservados que contenían dientes humanos proporcionados por la Clínica Odontológica Universitaria (COU) de la Universidad de Murcia, ya sean exfoliados de manera natural o extraídos por causas ortodónticas. Ninguno fue incluido cuando la exodoncia tuvo lugar por motivo de caries. Se seleccionaron dientes sanos y dientes con hipomineralización del esmalte temporales.

El proceso de análisis comenzó en enero hasta marzo de 2024.

Los dientes se sumergieron en agua destilada con timol al 0,1 % para su desinfección y se conservaron en el frigorífico. Transcurridas 24 horas, se procedieron a sacar los dientes de ambos grupos de sus duquesitas correspondientes para cambiar el agua contenida por agua destilada y poder lavarlos bien. El agua con timol fue eliminada siguiendo las recomendaciones de la normativa vigente. Se retiró el agua destilada de las duquesitas y se añadió en su interior alcohol de 96 °C para limpiar las muestras. Los dientes contenidos en las duquesitas con alcohol fueron sometidos a un baño de ultrasonidos de 15 minutos. Después, se conservaron en agua destilada refrigerados hasta el momento de su estudio (6,10).

ANÁLISIS MACROSCÓPICO

Se seleccionaron 5 molares temporales sanos y 4 molares temporales con hipomineralización para su estudio macroscópico. Se extrajeron de sus duquesitas con pinzas y se secaron con papel absorbente para poder ser observados con la lupa Axiocam 208 color Stemi 305 de Zeiss. Se tomaron varias fotografías a diferentes aumentos del diente entero y de las lesiones mediante el programa ZEN core v2.7.

Con este análisis, se determinó la presencia de defectos de esmalte en los dientes estudiados.

Una vez tomadas las imágenes, se volvieron a conservar los dientes en agua destilada y refrigerados.

ANÁLISIS MICROSCÓPICO (SEM) Y EDX

Para el análisis microscópico se procedió a retirar el agua destilada de cada uno de los grupos, se secaron bien los dientes con papel absorbente y las dos duquesitas para poder alojarlos y transportarlos. Las muestras se introdujeron de nuevo en sus respectivas duquesitas, envueltas en papel absorbente para mantenerse deshidratadas durante 24 horas y así poder ser observadas con el microscopio electrónico de barrido (SEM) ubicado en el SAIT (Edificio I+D+i) del Campus Muralla del Mar de la UPCT (Cartagena).

Una vez secas, se colocaron en la pletina con cinta adhesiva para poder ser vistas en el microscopio.

Se tomaron imágenes a diferentes aumentos y se analizó la composición química de diferentes zonas de esmalte sano y esmalte hipomineralizado.

Finalizado el análisis, se volvieron a conservar en agua destilada en el frigorífico para futuros trabajos.

Con estos análisis se estudió la manifestación microscópica de los defectos de esmalte comparados con el esmalte sano y mediante el EDX se pudo analizar el contenido mineral de las muestras analizadas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se analizaron los datos obtenidos del EDX. Los resultados se expresaron principalmente como medias $\pm$ desviación

estándar de la media. La prueba T para muestras independientes U de Mann-Whitney, la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene se aplicaron al análisis del contenido de elementos en el esmalte dental de molares temporales sanos e hipomineralizados. Se ha considerado la existencia de diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,001$.

La muestra necesaria para realizar el estudio completo según los resultados del estudio piloto es de 12 dientes por grupo, aceptando un riesgo alfa de 0,01, un riesgo beta de 0,05, para reconocer como estadísticamente significativo una diferencia de 0,32 para un grupo control con una varianza de 0,03 y una proporción esperada de pérdidas del 10 %.

RESULTADOS

RESULTADOS ESTUDIO MACROSCÓPICO

Las imágenes del grupo de “esmalte sano” muestran molares sin defectos en su superficie, como se aprecia en la figura 1.

En las imágenes del grupo de “esmalte hipomineralizado”, se confirmó la presencia de defectos de tipo cualitativo, como se aprecia en la figura 2.

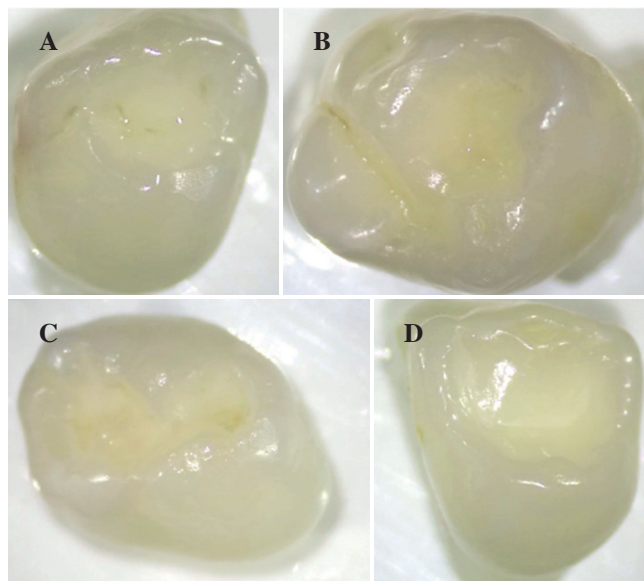


Figura 1. Imágenes macroscópicas tomadas con ordenador mediante la observación con lupa de primeros y segundos molares temporales que muestran un esmalte intacto.

RESULTADOS DEL ESTUDIO MICROSCÓPICO

Se obtuvieron imágenes microscópicas a diferentes aumentos obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) de las muestras de esmalte sano, en las que se observa esmalte normal, aunque no intacto, ya que a gran aumento se visualizan algunos cráteres y abrasiones sobre la superficie, debidas posiblemente a la atricción característica de la dentición temporal (Fig. 3).

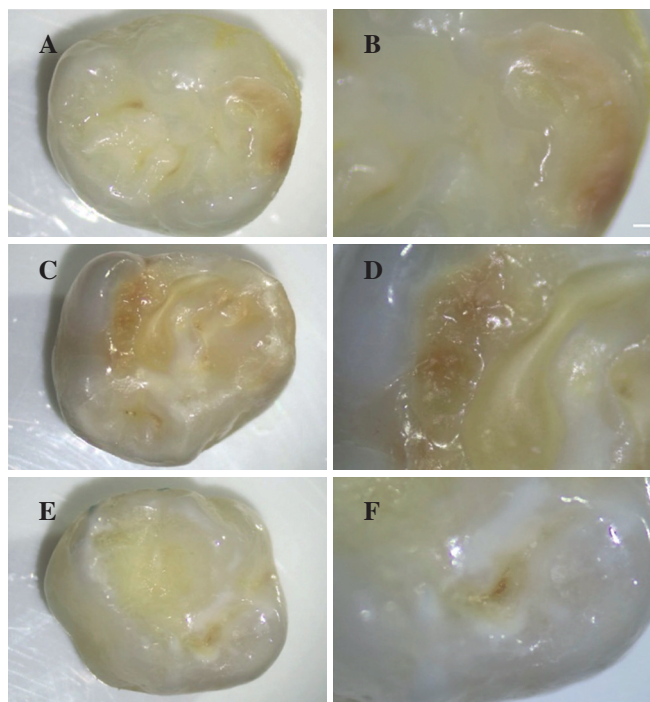


Figura 2. Imágenes macroscópicas tomadas con software de ordenador mediante la observación con lupa de las superficies oclusales de segundos molares temporales con lesiones de hipomineralización del esmalte.

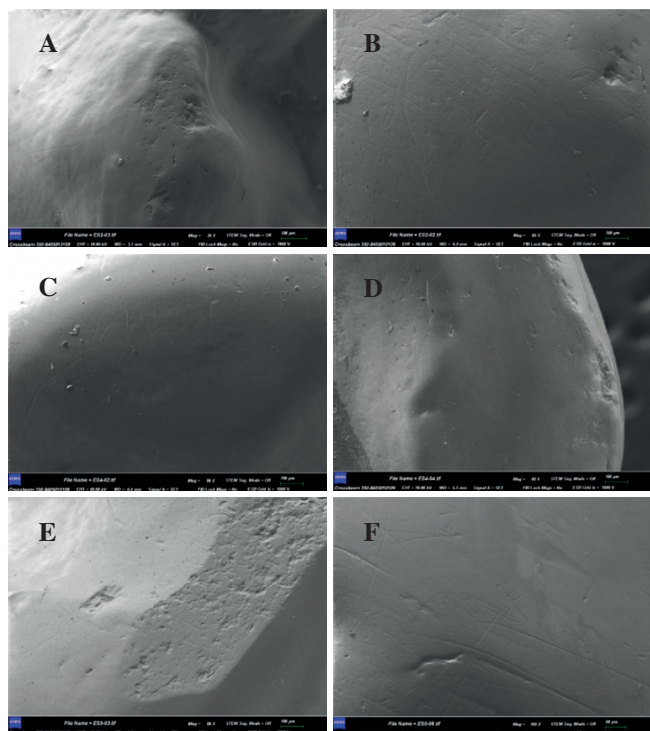


Figura 3. Imágenes microscópicas tomadas a 30x, 80x y 180x mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) de los molares temporales sanos en los que se observa un esmalte normal, aunque no intacto, ya que se visualizan algunos cráteres y abrasiones sobre la superficie debidas posiblemente a la atrición característica de la dentición temporal.

Las imágenes microscópicas del esmalte hipomineralizado muestran un esmalte desestructurado, poroso y fracturado (Fig. 4).

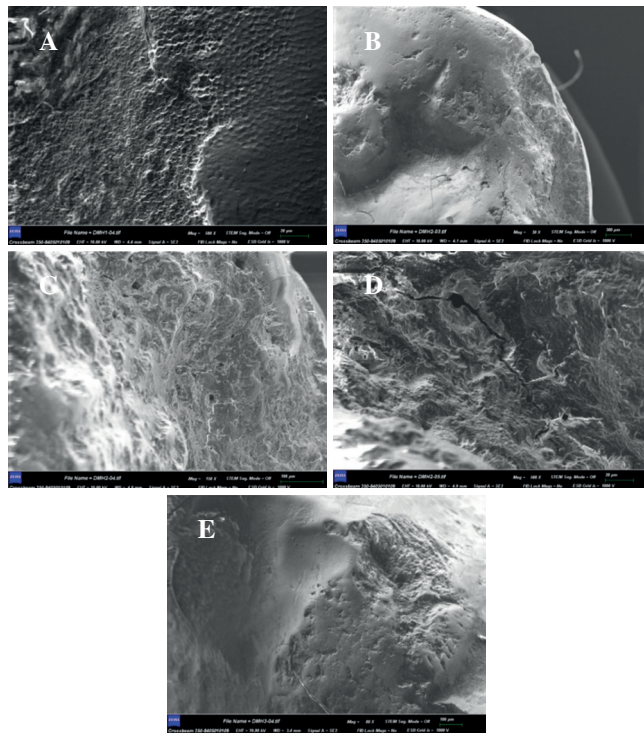


Figura 4. Imágenes microscópicas obtenidas a 30x, 80x 150x y 500x mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) de los molares temporales hipomineralizados en las que se muestran defectos del esmalte.

RESULTADOS EDX

Las figuras 5 y 6 muestran el procedimiento de análisis del EDX, así como las gráficas obtenidas de dicha prueba.

A partir de los resultados obtenidos del análisis EDX de ambos grupos, se llevó a cabo un análisis estadístico con los valores de porcentaje en peso expresados por los elementos químicos C, P y Ca tanto del grupo de esmalte hipomineralizado (EH) como del grupo de esmalte sano (ES), para así considerar si existen diferencias significativas en la composición de los esmaltes dentales estudiados (Tabla I).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,001$ para el grupo de molares hipomineralizados para el C (contenido orgánico) como para el Ca y el P (contenido mineral) (Tabla II).

DISCUSIÓN

Para analizar las diferencias en morfología, microestructura y composición química entre el esmalte normal y el esmalte hipomineralizado, se seleccionaron dientes temporales en lugar de permanentes debido a la notable minoría de estudios

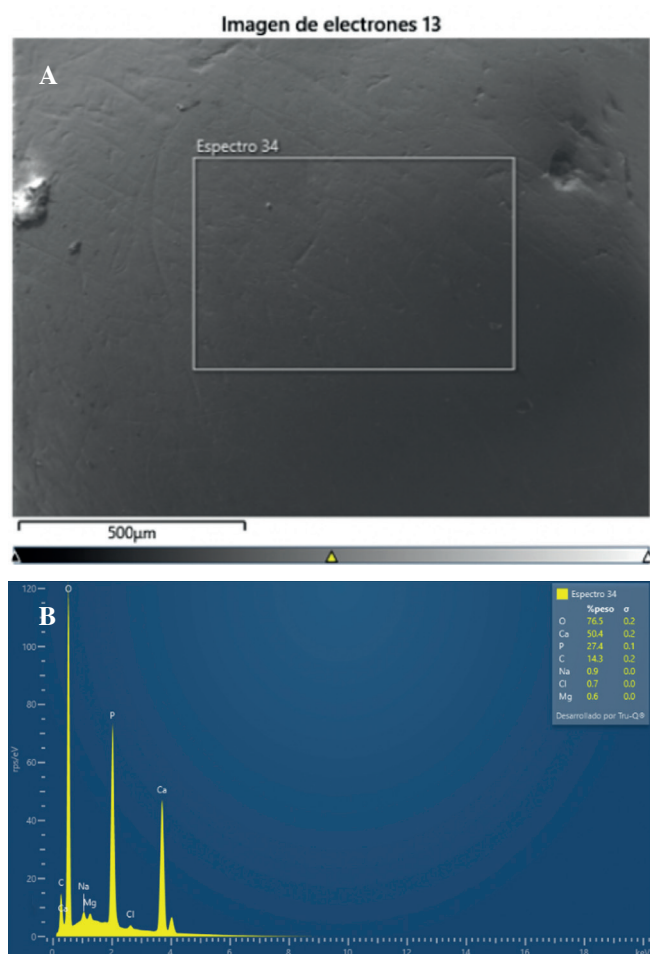


Figura 5. A. Región de esmalte normal en la que ha sido analizada su composición elemental mediante energía dispersiva de rayos X (EDX). B. Gráfico en el que se observa la distribución del % en peso de los componentes de este esmalte, observándose una gran cantidad de materia inorgánica (Ca y P).

disponibles sobre defectos del esmalte en la dentición primaria (4,6). El grupo de dientes hipomineralizados incluye exclusivamente segundos molares primarios, debido a su mayor prevalencia (6).

En cuanto al análisis microscópico del esmalte dental, se escogió la técnica de microscopía electrónica de barrido (SEM), al igual que se hizo en el estudio de Alifakioti y cols. y Martinović y cols. (6,7). Otros autores que también emplearon este método microscópico en sus estudios sobre la superficie del esmalte fueron Houari y cols., Bozal y cols., Taube y cols. y Mahoney y cols. (5,8,9,11). La técnica de microscopía SEM utilizada consiste en el escaneo de un haz de electrones que se enfoca sobre la superficie de los dientes analizados, con los cuales van a interactuar produciendo así una variedad de señales que se emplean para poder obtener imágenes a gran aumento que pongan de manifiesto la topografía de su superficie y su composición (12).

El análisis de la composición elemental del esmalte se llevó a cabo mediante energía dispersiva de rayos X (EDX). En el estudio de Martinović B y cols. la composición química

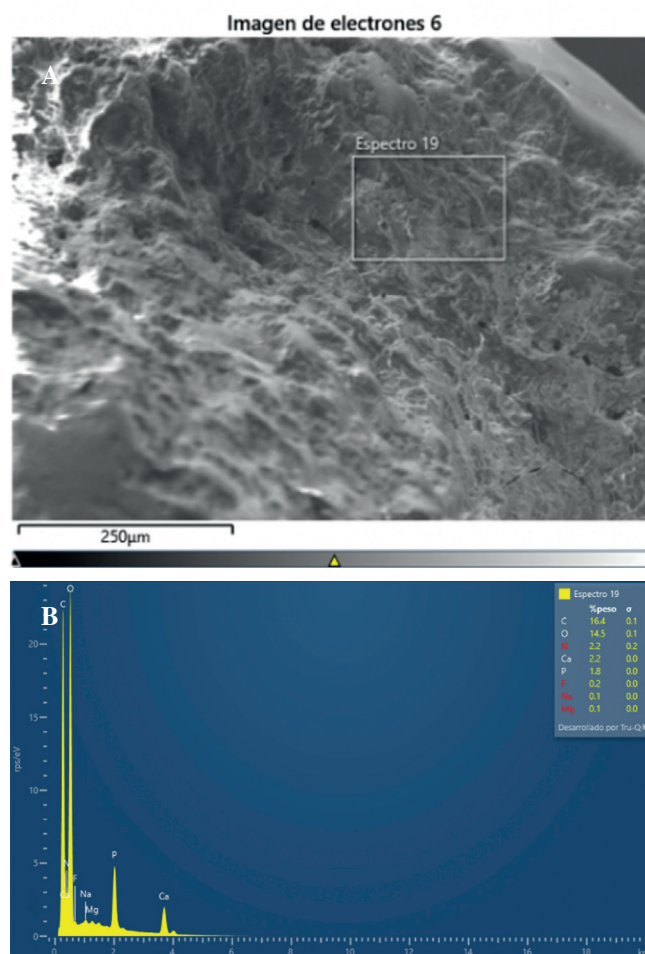


Figura 6. Región de esmalte hipomineralizado en la cual ha sido analizada su composición elemental mediante energía dispersiva de rayos X (EDX). B. Gráfico en el que se observa la distribución del % en peso de los componentes de dicho esmalte, observándose un notable aumento de C (materia orgánica) y una gran disminución de Ca y P (contenido mineral).

del esmalte también fue analizada utilizando espectroscopía de dispersión de energía (7). Lo mismo ocurre en los trabajos de Alifakioti y cols., Bozal y cols. y Mahoney y cols. (6,8,11). El análisis EDX empleado para identificar la composición elemental de los dientes estudiados actúa como una característica integrada del microscopio electrónico de barrido (SEM), basada en la selección de puntos y áreas de interés para analizar los elementos químicos presentes. El espectro EDX muestra un gráfico en el que se observa la frecuencia con la que los rayos X son recibidos para cada nivel de energía, mostrando picos, cada uno de los cuales exclusivo de un átomo, por lo que corresponde a un solo elemento (13).

Ruschel y cols. en su estudio sobre los tejidos mineralizados de dientes primarios reportan que el esmalte de los dientes temporales posee un espesor y un grado de mineralización menor en comparación con los dientes permanentes, lo que explicaría una mayor fragilidad (10).

Las imágenes obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) del presente estudio muestran un esmalte con mayor porosidad, más desorganizado y con presencia

TABLA I.
RESULTADOS DE LOS VALORES DE PORCENTAJE
EN PESO DE C, P Y Ca PRESENTADOS POR LOS
DIENTES DE AMBOS GRUPOS DONDE SE ENCUENTRA
EXPRESADA LA MEDIA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR,
MÍNIMO Y MÁXIMO PARA CADA UNO

<i>Descriptivas</i>					
	<i>Grupo</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
C	E. hipomin.	30,79*	15,74	10,65	47,86
	E. sano	12,37	5,04	7,23	25,79
P	E. hipomin.	8,89*	5,08	2,68	16,08
	E. sano	15,13	1,87	11,22	17,59
Ca	E. hipomin.	14,38*	9,61	3,64	29,77
	E. sano	29,45	6,23	21,78	44,19

* $p < 0,001$

El valor * $p < 0,001$ fue obtenido mediante la prueba U de Mann-Whitney.

TABLA II.
RESULTADOS RATIO Ca/P

<i>Descriptivas</i>							
	<i>Grupos</i>	<i>n</i>	<i>Media</i>	<i>Mediana</i>	<i>DE</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Ratio Ca/P	EH	13	1,18	1,18	0,18	0,93	1,45
	ES	12	1,50	1,44	0,18	1,30	1,94
<i>Prueba T para muestras independientes</i>							
	<i>Estadístico</i>			<i>gl</i>	<i>p</i>		
Ratio Ca/P	t de Student	-4,37			23,00		
		<0,001					

Nota: $H_0: \mu_{EH} = \mu_{ES}$.

A partir de los porcentajes de Ca y P, se calculó la relación estequiométrica Ca/P aplicando la fórmula siguiente $\text{Ca (mol)/P (mol) \%} = [\text{Ca (\% peso)/40,08 (g/mol)}]/[\text{P (\% peso)/30,97 (g/mol)}]$, en la que las masas atómicas de Ca y P son 40,08 y 30,97, respectivamente.

de grietas en los molares temporales hipomineralizados en comparación con el esmalte sano, hallazgos que concuerdan con los obtenidos en estudios similares como el de Alifakioti y cols., el cual describe que el esmalte parece menos organizado y sus varillas aparentan más delgadas en las áreas con defectos marcados, además de presentar espacios interprismáticos más amplios, y roturas y grietas en las zonas más porosas (6). Bozal y cols. también afirman que el esmalte hipomineralizado no presenta las características típicas del esmalte prismático, ya que su superficie es más porosa y con grietas (8). Mahoney y cols. en su estudio, pusieron de manifiesto que en el esmalte normal se observan varillas con una apariencia

ordenada y, por el contrario, la superficie del esmalte hipomineralizado se encuentra desorganizada, con variabilidad en la anchura de las varillas y amplios espacios entre ellas, además se observó un aumento de la porosidad (11). Por último, en el trabajo de Taube y cols., los prismas observados en el esmalte hipomineralizado se distinguían menos y estaban peor organizados en comparación con el esmalte normal; además, presentaba una superficie más porosa (9).

Los análisis químicos de nuestro trabajo revelan un mayor componente orgánico, con un notable incremento de la concentración de C en el esmalte hipomineralizado comparado con el esmalte normal. En cuanto al contenido inorgánico mineral, el análisis elemental muestra una gran cantidad de Ca y P en todas las muestras de dientes sanos, por el contrario, las concentraciones se ven notablemente reducidas en el esmalte hipomineralizado. Las diferencias encontradas fueron estadísticamente significativas para los 3 elementos.

El mayor componente orgánico y proteico reportado coincide con lo descrito en el estudio de Mangum y cols., en el que se realizó un análisis proteómico que reveló que el esmalte hipomineralizado tiene un contenido de proteínas relativamente alto, mayor de lo normal y que está enriquecido con proteínas no amelogeninas (14). Además, en los análisis llevados a cabo en el trabajo de investigación de Malmberg y cols. se determinaron intensidades de materia orgánica mucho mayores en el esmalte hipomineralizado que en el esmalte normal, destacando el aumento de intensidad para el C (3). En el estudio de Bozal y cols. se sugiere que el incremento del contenido de C en el esmalte hipomineralizado, puede deberse a restos de materia orgánica debido a fallos en el periodo de maduración del esmalte en el que se reabsorben las proteínas de la matriz orgánica y aumenta el contenido mineral que forman los cristales de hidroxiapatita (8).

Los hallazgos de nuestro estudio también concuerdan con Martinović y cols., que afirman que la superficie del esmalte de los primeros molares permanentes hipomineralizados, además de presentar cambios en su morfología, también presenta variaciones en su composición química, con una reducción en el contenido mineral. El análisis de elementos químicos básicos del esmalte realizado demostró que la concentración de calcio fue significativamente mayor estadísticamente en el esmalte sano en comparación con el presente en el esmalte hipomineralizado; lo mismo ocurre con el fósforo, también con significación estadística. Por otro lado, la concentración de carbono resultó mayor en el esmalte hipomineralizado que en el esmalte sano, con diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, la relación entre la concentración de calcio y de fósforo no varió significativamente entre el esmalte sano y el hipomineralizado (7). En el estudio de Taube y cols. los análisis de espectroscopía también indicaban una clara reducción del componente mineral, de la apatita, y un incremento en el contenido orgánico en el esmalte hipomineralizado. Los autores concluyeron que el esmalte afectado por MIH contiene de manera significativa más carbonatos y proteínas que el esmalte normal (9).

Algo distinto ocurre en otros trabajos como el de Alifakioti y cols. en el que, tras haber realizado un análisis

con espectrómetro de rayos X de dispersión de energía, se observó una disminución en la concentración de Ca y de P en el esmalte hipomineralizado en comparación con el esmalte sano, y la concentración de carbono fue mayor en el esmalte hipomineralizado, sin embargo, no alcanzaron significación estadística. Tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre la relación Ca/P (6). De igual manera, en el estudio de Mahoney y cols. el análisis mediante EDX mostró que no existían diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la relación Ca/P en el esmalte hipomineralizado en comparación con el esmalte sano, lo que pudo deberse a que únicamente una muestra fue analizada con EDX (11). En nuestro estudio, si se encontraron diferencias significativas en la ratio Ca/P. En el estudio de Bozal y cols., el análisis con EDX mostró también una disminución en la concentración del contenido mineral de la superficie del esmalte hipomineralizado, además de proporciones aumentadas de C y O, en comparación con el esmalte sano. Contrariamente a lo esperado, el esmalte clínicamente sano del molar con MIH tenía un mayor contenido de Ca y P que el esmalte normal. Se concluyó que con este estudio no se podían obtener resultados certeros, ya que el tamaño muestral no era significativo (8).

Como limitación del estudio, podemos señalar el reducido tamaño de la muestra, que pretende ampliarse en un futuro para continuar con el trabajo. A ello, sumamos la dificultad para conseguir dientes temporales, las posibles alteraciones en la superficie del esmalte con los medios de conservación y el proceso de desecación que sufren las muestras para poder ser observadas en el microscopio.

CONCLUSIONES

- Los molares temporales con lesiones de hipomineralización observados presentan cambios en su morfología y color en comparación con los dientes sanos, con opacidades demarcadas en el esmalte de color blanco cremoso, blanco-amarillento o amarillo-marrón.
- El esmalte de los molares hipomineralizados presenta en su visión microscópica una mayor porosidad y múltiples grietas y defectos, además de una estructura más desorganizada, que el esmalte normal.
- El esmalte de los molares temporales sanos presenta porcentajes elevados de Ca y P en su composición, mientras que estas concentraciones se encuentran muy reducidas en los molares hipomineralizados. Por el con-

trario, la cantidad de C presente en el esmalte aumenta considerablemente en los molares temporales con defectos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Elhennawy K, Manton DJ, Crombie F, Zaslansky P, Radlanski RJ, Jost-Brinkmann P-G, et al. Structural, mechanical and chemical evaluation of molar-incisor hypomineralization-affected enamel: A systematic review. *Arch Oral Biol* 2017;83:272-81. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2017.08.008
2. Gil-Bona A, Bidlack FB. Tooth Enamel and Its Dynamic Protein Matrix. *Int J Mol Sci* 2020;21:4458. DOI: 10.3390/ijms21124458
3. Malmberg P, Norén JG, Bernin D. Molecular insights into hypomineralized enamel. *Eur J Oral Sci* 2019;127:340-6. DOI: 10.1111/eos.12619
4. Elfrink MEC, ten Cate JM, van Ruijven LJ, Veerkamp JSJ. Mineral content in teeth with deciduous molar hypomineralisation (DMH). *J Dent* 2013;41:974-8. DOI: 10.1016/j.jdent.2013.08.024
5. Houari S, DeRocher K, Thuy TT, Coradin T, Srot V, van Aken PA, et al. Multi-scale characterization of Developmental Defects of Enamel and their clinical significance for diagnosis and treatment. *Acta Biomater* 2023;169:155-67. DOI: 10.1016/j.actbio.2023.08.011
6. Alifakioti E, Arhakis A, Oikonomidis S, Kotsanos N. Structural and chemical enamel characteristics of hypomineralised second primary molars. *Eur Arch Paediatr Dent Off J Eur Acad Paediatr Dent* 2021;22:361-6. DOI: 10.1007/s40368-020-00557-3
7. Martinović B, Ivanović M, Milojković Z, Mladenović R. Analysis of the mineral composition of hypomineralized first permanent molars. *Vojnosanit Pregl* 2015;72:864-9. DOI: 10.2298/vsp140310071m
8. Bozal CB, Kaplan A, Ortolani A, Cortese SG, Biondi AM. Ultrastructure of the surface of dental enamel with molar incisor hypomineralization (MIH) with and without acid etching. *Acta Odontol Latinoam AOL* 2015;28:192-8. DOI: 10.1590/S1852-48342015000200016
9. Taube F, Marczewski M, Norén JG. Deviations of inorganic and organic carbon content in hypomineralised enamel. *J Dent* 2015;43:269-78. DOI: 10.1016/j.jdent.2014.09.003
10. Ruschel HC, Ligoeki GD, Flaminghi DL, Fossati ACM. Microstructure of mineralized tissues in human primary teeth. *J Clin Pediatr Dent* 2011;35:295-300. DOI: 10.17796/jcpd.35.3.918k0t3270v01285
11. Mahoney EK, Rohanizadeh R, Ismail FSM, Kilpatrick NM, Swain MV. Mechanical properties and microstructure of hypomineralised enamel of permanent teeth. *Biomaterials* 2004;25:5091-100. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2004.02.044
12. Lewczuk B, Szyryńska N. Field-Emission Scanning Electron Microscope as a Tool for Large-Area and Large-Volume Ultrastructural Studies. *Anim Open Access J MDPI* 2021;11:3390. DOI: 10.3390/ani11123390
13. Jaikumar RA, Karthigeyan S, Bhat R, Naidu M, Natarajan S, Angamuthu V. Analysis of Surface Morphology and Elemental Composition on Zirconia Implants Before and After Photofunctionalization by Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X ray Spectroscopy - An In vitro Study. *J Pharm Bioallied Sci* 2021;13:S761-S765. DOI: 10.4103/jpbs.JPBS_716_20
14. Mangum JE, Crombie FA, Kilpatrick N, Manton DJ, Hubbard MJ. Surface integrity governs the proteome of hypomineralized enamel. *J Dent Res* 2010;89:1160-5. DOI: 10.1177/0022034510375824