



Trabajo de Investigación

ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL DEL ESMALTE EN LA HIPOMINERALIZACIÓN MOLAR INCISIVO (HMI) MICROSTRUCTURAL ANALYSIS OF ENAMEL IN INCISOR MOLAR HYPOMINERALIZATION (HMI)

Valencia R. ¹ Espinosa R. ²

1. Odontólogo Pediatra The University of Texas Health Science Center at San Antonio Texas (UTHSCSA), Profesor en el Posgrado de Odontología pediátrica de la Universidad Tecnológica de México (UNITEC), editor de la revista RODYB, CDMX, México.
2. Profesor de los Posgrados de Prosthodontia y Odontopediatría, Facultad de Odontología, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara (CUCS). México, editor de la revista RODYB.

Volumen 9.
Número 3.
Septiembre - Diciembre 2020

Recibido: 25 junio 2020
Aceptado: 30 julio 2020

RESUMEN

La Hipomineralización Molar Incisiva (HMI) es un defecto de Hipocalcificación del esmalte, encontrando un contenido mineral reducido y un alto contenido de proteínas. El tratamiento clínico presenta un gran desafío en el tratamiento a corto y largo plazo tanto para el dentista como para el niño afectado, por lo que se requiere de un diagnóstico clínico y microestructural de la HMI para un buen pronóstico. **Materiales y métodos:** Se seleccionaron cuatro terceros molares, dos clínicamente sanos (control) y dos con hipomineralización. Se dividieron con un disco de diamante en dos, mesial a distal, y los segmentos vestibulares de cada corona a su vez fue seccionado con la técnica de criofractura con un cincel. Se realizaron tres pruebas de espectroscopía de rayos X dispersiva de energía (EDS o EDX, Bruker®) en la superficie externa del esmalte y en la superficie interna del esmalte a 100 µm y 200 µm. **Conclusiones:** La Hipomineralización Molar Incisivo (HMI) tiene mayor contenido proteico que el esmalte normal, en diferentes proporciones de acuerdo con la severidad. El contenido de "C" en la superficie del esmalte hipomineralizado que va directamente en proporción al aumento en el contenido de material orgánico. Cuando se encuentran altas concentraciones de material orgánico en superficies irregulares, los valores del elemento Ca están disminuidos en el esmalte hipomineralizado. Los mejores resultados clínicos, dependen del tratamiento de estas proteínas antes del grabado ácido como parte de las estrategias adhesivas.

Palabras Clave: Hipomineralización Molar Incisivo (HMI), hipomineralización del esmalte, proteínas del esmalte, contenido mineral en hipomineralización.

ABSTRACT

Incisive Molar Hypomineralization (HMI) is a defect of Hypocalcification of the enamel, finding a reduced mineral content and a high protein content. Clinical treatment presents a great challenge in short and long-term treatment for both the dentist and the affected child, so a clinical and microstructural diagnosis of HMI is required for a good prognosis. **Materials and methods:** Four third molars were selected, two clinically healthy (control) and two with hypomineralization. They were divided with a diamond disc in two, mesial to distal, and the vestibular segments of each crown were in turn sectioned with the cryofracture technique with a chisel. Three energy dispersive X-ray spectroscopy tests (EDS or EDX, Bruker®) were performed on the outer enamel surface and on the inner enamel surface at 100 µm and 200 µm each. **Conclusions:** Incisor Molar Hypomineralization (HMI) has a higher protein content than normal enamel, in different proportions according to severity. The "C" content on the surface of the hypomineralized enamel goes directly in proportion to the increase in the content of organic material. When high concentrations of organic material are found on rough surfaces, the Ca element values are decreased in the hypomineralized enamel. The best clinical results depend on the treatment of these proteins before acid etching as part of the adhesive strategies.

Keywords: Incisor Molar Hypomineralization (HMI), enamel hypomineralization, enamel proteins, mineral content in hypomineralization.



INTRODUCCIÓN

La Hipomineralización Molar Incisiva (HMI) es un subtipo de defecto de Hipocalcificación del esmalte, donde encontramos un contenido mineral reducido y un alto contenido de proteínas, que pueden variar en cantidad de acuerdo a la severidad. Dada a una disminución en las amelogeninas, más de 16 tipos de proteínas están presentes en los dientes afectados, trece de los cuales se encuentran en la saliva y el líquido crevicular. (Kojima et al., 2000, Denny et al., 2008) y otros tres como parte de los componentes sanguíneos (hemoglobina, albúmina, suplemento C3). (Mangum et al., 2010)

El tratamiento clínico de HMI es un desafío tanto para el dentista como para el niño afectado. Para el odontólogo, es una de las afecciones más graves en el campo: la estructura de los primeros molares permanentes en erupción sufre un rápido deterioro, con el consiguiente comportamiento impredecible y el desarrollo de lesiones nocivas con el tiempo.

Los dientes afectados por MIH son muy sensibles y, debido a los síntomas agudos, requieren un tratamiento oportuno que se complica por el estado de las estructuras que necesitan rehabilitación. Este último está condicionado por el grado de daño; en general, el grado de deterioro después de la erupción de los dientes dificulta la adhesión y dificulta la rehabilitación.

Incluso si el esmalte aparentemente está intacto, el niño a menudo experimenta dolor e hipersensibilidad con bebidas frías o calientes o mientras se cepilla. Por lo tanto, la anestesia molar con una condición de MIH es muy complicada cuando se requiere tratamiento.

Otro problema encontrado es la angustia de los padres y los niños por la apariencia de los dientes afectados, así como la fobia y la ansiedad a la evaluación médica, relacionada con las múltiples experiencias previas de dolor soportadas por una anestesia inadecuada o por un tratamiento sin analgesia local. (William et al 2006, Jalevik y Klingberg. 2002)

Algunos autores han demostrado que los niños con HMI reciben más tratamientos dentales que aquellos que no se ven afectados. (Jalevik y Klingberg, 2002; Kotsanos et al., 2005)

Establecer un tratamiento predecible con un pronóstico a corto y largo plazo requiere un plan de tratamiento completo y rápido basado en un diagnóstico clínico y microestructural de la HMI.

El estudio de microscopio electrónico de barrido (MEB), expuesto en este documento, realizó un análisis microestructural de los molares, con el objetivo de comparar los contenidos inorgánicos del esmalte sano con los de uno afectado por HMI. Como se mostrará, los resultados nos permitirán determinar el contenido orgánico e inorgánico de los dientes afectados, así como sus elementos atómicos, para realizar un tratamiento menos empírico en beneficio de la salud oral y la calidad de vida de los niños y adolescentes.

CONSIDERACIONES MORFOLÓGICAS DE HMI

Amelogénesis y desarrollo del defecto del esmalte

Incluso si el desarrollo dental está estrictamente controlado por la genética, este permanece receptivo a las perturbaciones ambientales en el momento de la formación y remodelación (Suckling et al., 1988; Brook, 2009). Durante el desarrollo dental, una capa celular simple en el epitelio interno sufre cambios morfológicos extraordinarios a nivel celular en preparación para la secreción de matriz extracelular del esmalte.

Estas células se desarrollan en ameloblastos alargados, con extensiones de los llamados procesos de Tomes, que funcionan durante la secreción de la matriz del esmalte. En la producción posterior de la capa de esmalte, el ameloblasto se acorta y se reorganiza durante la etapa de transición; luego comienza la maduración y cambia histológicamente de una terminación con extensiones a una lisa, en el momento que el proceso de Tomes se retrae. Estas células hacen del esmalte la sustancia más dura del cuerpo humano al reducir el contenido de proteínas y aumentar el contenido mineral en la capa de esmalte. Finalmente, las células se acortan aún más y se adhieren a la superficie del esmalte hasta justo antes de la erupción del diente en la cavidad oral. (Smith., 1979).

La formación del esmalte ocurre en tres etapas:

1. La formación de la matriz durante la producción de proteínas amelogénesis.
2. La calcificación que implica la obtención de contenido mineral y la eliminación de proteínas.
3. La maduración consistente en calcificación del esmalte y eliminación de proteínas residuales.

La mineralización de la matriz del esmalte se describe como un proceso de dos pasos. Primero, la matriz orgánica secretada por el ameloblasto es mineralizada en un 30% en peso. En segundo lugar, el espesor total de la matriz orgánica es secretada por el ameloblasto, seguido de un aumento progresivo en el contenido mineral. Los ameloblastos de extremo liso eliminan el agua y las proteínas de la matriz del esmalte, mientras que los ameloblastos de extremo grueso se involucran en la transferencia activa de calcio y fosfato a la matriz. Las principales proteínas involucradas en la matriz del esmalte son:

- a. Las amelogeninas, que son las más abundantes, concentrando el 90% de las proteínas del esmalte pertenecientes a un grupo de proteínas heterogéneas (20-30 kDa) que son hidrófobas y ricas en prolina, histidina y glutamina. Se cree que todas participan en la organización y regulación del crecimiento de los cristales.
- b. Las ameloblastinas (Amelinas, Sheatielinas), que constituyen el 5-10% de la matriz del esmalte, y se cree que promueven la mineralización y el alargamiento de los cristales.



- c. Las enamelinas (60-80 kDa), que son un grupo heterogéneo de proteínas que pueden estar involucradas en la nucleación de cristales. Son las responsables de la ruptura proteolítica progresiva de las amelogeninas. El procesamiento de amelogeninas a péptidos más pequeños es necesario para la regulación de la organización de los cristales y el crecimiento del esmalte.

En la etapa secretora, la matriz proteica del esmalte, formada principalmente por amelogeninas, es depositada por el ameloblasto; mientras que las amelogeninas son un componente esencial en la fase secretora media del crecimiento de cristales y el mantenimiento estructural (Brook, 2009). Incluso si la enamulina contribuye con menos del 5% de la matriz, desempeña un papel fundamental en el control del inicio de la formación de hidroxipatita en la amelogénesis temprana, ya que es necesaria para la creación y el mantenimiento de la elongación de los cristales de esmalte y la mineralización contigua de los ameloblastos. La proteína adicional del esmalte ameloblastina es una molécula de adhesión celular que mantiene la etapa de diferenciación de los ameloblastos secretores y controla su secreción. La posterior descomposición y eliminación de proteínas de la matriz a través del procesamiento proteolítico es esencial para un mayor desarrollo y mineralización. La enamelinasa (Mmp20), es una metaloproteínasa de matriz, junto con la serina proteasa kallikreina 4 (Klk4); siendo estas las dos moléculas principales involucradas en el proceso de degradación de proteínas. (Wright *et al.*, 2009; Bartlett JD *et al.*, 2011) La descomposición de la amelogenina por Mmp20 y la degradación durante la maduración por Klk4 son procesos, presentes tanto en ameloblastos como en odontoblastos, que degradan la matriz orgánica restante y facilitan la deposición continua de minerales para la mineralización completa del esmalte.

Varios genes, como Dlx3 y Dlx6, se expresan en las etapas anteriores a la secreción y maduración, mientras que algunos dejan de participar, como Dlx2, y permiten la activación de otros, como Dlx1. El gen homeobox Dlx puede influir en la formación del esmalte al regular la expresión de amelogenina, mientras que Runx2 regula el grosor del esmalte al suprimir la expresión de proteínas al final de la fase secretora. En la fase de maduración, Runx2 induce Klk4 y regula la expresión proteica de la membrana basal para unir el ameloblasto a la matriz del esmalte. (Brook A.H. 2009., Wright J.T. *et al.*, 2009, Bartlett J.D. *et al.*, 2011)

En general, los factores sistémicos que alteran los ameloblastos durante la fase secretora restringen el alargamiento de los cristales y dan como resultado un esmalte delgado o hipoplásico. Por otro lado, las alteraciones durante la etapa de transición y / o maduración de la amelogénesis dan como resultado un esmalte anormal suave (hipomadurado, hipomineralizado) de espesor normal. (Suga, 1989) Según Reid y Dean (2006), la formación del esmalte requiere aproximadamente mil días. Dos tercios de este período corresponden a la etapa de maduración en la amelogénesis.

Por lo tanto, el período más crítico para la aparición de defectos en el esmalte, en los primeros molares e incisivos permanentes, es el primer año de vida, coincidiendo con su maduración temprana. En este período, los ameloblastos son muy sensibles a las

perturbaciones ambientales; es en donde los primeros molares permanentes, cuya maduración del esmalte puede tomar varios años (período de maduración tardía), pueden incluso desarrollar una hipomineralización en una etapa posterior. (Alaluusua, 2010; Suckling, 1989)

En un análisis microestructural de la hipomineralización molar incisiva (HMI) se muestran dos cambios importantes en la microestructura de las regiones del esmalte afectadas (Xie *et al.*, 2009) Primero una estructura de prisma menos densa con pérdida de conglomerados de cristal de apatita sueltos y segundo regiones interprismáticas más amplias, que ocurren durante la etapa de maduración, responsables de los módulos de reducción de dureza y elasticidad del esmalte afectado (Fagrell *et al.*, 2010). El esmalte en la región adyacente al defecto HMI (zona de transición) también tiene serias alteraciones en los espacios interprismáticos. A pesar de la apariencia translúcida y normal, la región de transición entre las regiones afectadas y no afectadas en los dientes de HMI se ve disminuida, y los espacios interprismáticos alteran las propiedades mecánicas generales del esmalte. Mahoney (2004) y Chan (2010) observaron que, aunque no estaba muy claro por qué, esto último podría deberse a la organización de los cristales, ya que los prismas estaban demarcados de manera deficiente en los límites de las regiones afectadas y presentaban áreas porosas con menos compactación, y cristales organizados. Los bordes de los prismas del esmalte eran indistintos y las áreas interprismáticas apenas visibles, dado que los prismas eran muy delgados y abarcaban áreas interprismáticas muy amplias. (Jalevik *et al.*, 2005)

Un análisis semicuantitativo, utilizando espectrometría de rayos X de energía dispersa (EED) en un diente afectado por HMI, muestra que la composición mineral en este tipo de esmalte es baja (Jalevik y Norten, 2001), el promedio de densidad mineral es alrededor del 19% más bajo que el esmalte normal (Baroni & Marchionni, 2011; Farah *et al.*, 2010, Jalevik & Noren 2000, Schulze *et al.*, 2004), hay una proporción más baja de Ca / P (calcio / fósforo) en el esmalte (Rood *et al.*, 2007 esmalte es baja (Jalevik & Norten, 2001), el promedio de densidad mineral es alrededor del 19% más bajo que el esmalte normal (Baroni & Marchionni, 2011, Farah *et al.*, 2010.,; Jalevik, 2001) donde está relacionado al incremento en el contenido de C (carbono). (Fearne *et al.*, 2004)

La hipomineralización incisiva molar tiene un contenido de proteínas sustancialmente mayor que el esmalte normal, pero a un nivel cercano a lo normal en términos de amelogeninas residuales. Esto caracteriza al HMI de tener ciertos defectos de hipomaduración, con un alto contenido residual de amelogenina, como es el caso de la amelogénesis imperfecta o la fluorosis (Mangum *et al.*, 2010; Wright *et al.*, 1996; Wright *et al.*, 1997), por lo que se tipifican como un defecto de hipocalcificación de HMI. Como patología, es una anomalía de mineralización pre-eruptiva que involucra la albúmina (probablemente debido a que su abundancia interfiere con el proceso de mineralización) que explica la porosidad de la superficie (Jalevik y Noren, 2000). Lo que hace que la degradación de la albúmina sea un pre-requisito para el máximo crecimiento de cristales en la etapa de maduración del esmalte. (Farah *et al.*, 2010; Farah *et al.* 2010; Mangum *et al.*, 2010) La presencia excesiva de albúmina parece promover la inactividad de KLK4, lo que resulta en un alto contenido de proteínas y bajo contenido mineral. En los casos de HMI, la fractura post-eruptiva y el desprendimiento de la superficie expuesta se



presentan por una absorción de proteínas en la matriz de hidroxiapatita. Un indicador de severidad de la condición de HMI es el contenido orgánico del esmalte. El esmalte marrón es la manifestación más grave de la lesión por HMI, con 15-21 veces más contenido de proteínas; mientras que el contenido de proteínas del esmalte blanco / opaco y amarillo es solo 8 veces mayor que el del esmalte sano. (Farah *et al.*, 2010)

Cuando el esmalte sano es sometido a fuerzas mecánicas de deformación controlada, la distribución de la fuerza desgarrar la capa de proteínas nanométricas entre los cristales; mientras que, en el caso del esmalte hipomineralizado, las micro cuarteaduras hacen que las grietas sean más evidentes, debido a que presenta una microestructura menos compacta del esmalte. (Xie *et al.*, 2009) Por lo tanto, el esmalte dental puede absorber energía y deformarse sin presentar defectos adversos gracias a las capas de proteínas viscoelásticas. Sin embargo, el contenido de proteínas en los dientes con HMI produce fracturas de esmalte cuando es sometido a fuerzas de masticación.

Por otro lado, la relación Ca / P de la dentina dental HMI (ubicada debajo del esmalte hipomineralizado) es baja, mientras que los niveles de O (oxígeno), P (fósforo) y C (carbono) son muy altos. (Heijs *et al.*, 2007)

Estos nuevos conocimientos de los cambios de la microestructura en esmalte hipomineralizado nos enseña el ¿por qué? de algunos problemas asociados al manejo clínico de estos dientes. Explica, la pobre retención y sellado de los materiales adhesivos, particularmente las fracturas del esmalte, donde es un reto clínico el intentar restaurar estos dientes. La incidencia de fracturas, así como la razón de la retención y adhesión inadecuadas del material de sellado al esmalte Las proteínas remanentes de un diente con HMI, tienen una pobre solubilidad al ácido. La exagerada cantidad presente de material orgánico en un esmalte hipomineralizado, con esta estructura de los prismas y substancia interprismática pueden específicamente inhibir un adecuado grabado ácido que comprometerá la adhesión entre los materiales restaurativos en base a resina y el esmalte defectuoso. (William *et al.*, 2006) Por lo tanto, mejorar el resultado clínico depende del tratamiento de estas proteínas antes de aplicar el grabado ácido como parte de las estrategias adhesivas. (Baroni y Marchionni, 2011; Xie *et al.*, 2008)

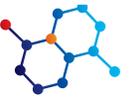
El objetivo de este estudio de investigación es analizar los elementos del esmalte en dientes hipomineralizados mediante un detector de energía dispersiva de rayos X (EDS) Kevex.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron cuatro terceros molares, dos de ellos con superficies clínicamente sanas (control) y dos con hipomineralización. Estos cuatro molares se pulieron con piedra pómez y agua y luego se seccionaron en la línea corono-radicular con un disco de diamante de doble cara flexible 918B-180 para pieza de baja velocidad (Brassler®) irrigando con agua destilada para no producir calor. Todas las coronas se dividieron en dos, realizando un corte de mesial a distal, obteniendo las superficies laterales lingual / palatina y vestibular. Uno de los segmentos vestibulares de cada corona se cortó parcialmente desde el centro de la corona hacia el esmalte vestibular, cruzando la dentina, la unión

amelo-dentinaria y un tercio del ancho del esmalte. Para dividir las muestras en dos con la técnica de criofractura, los fragmentos se sumergieron en nitrógeno líquido durante 30 minutos a una temperatura de (-) 194° C (menos ciento noventa y cuatro grados Celsius). Luego, las muestras se seccionaron con un golpe de cincel fino, dejando así las superficies internas del esmalte, sin contaminar.

Las muestras se prepararon con el método conocido como "secado de punto crítico" para análisis de alta resolución (1 nm para alto vacío), bajo un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (FE-SEM, modelo TESCAN® MIRA 3 LMU). Se realizaron tres pruebas en todas las muestras: 1. En la superficie externa del esmalte; 2. y 3, en la superficie interna del esmalte en dos puntos, con profundidades de 100 µm y 200 µm, respectivamente; medido desde la superficie vestibular externa hacia adentro del núcleo del tejido hipomineralizado con una micro sonda para microanálisis de superficie. Una espectroscopía de rayos X dispersiva de energía (EDS o EDX, Bruker®) con lo que se obtuvo el contenido químico de las estructuras analizadas.



RESULTADOS

Descripción de los elementos encontrados en los dientes normales y dientes hipomineralizados mediante un detector de energía dispersiva de rayos X (EDS) Kevex.

Imagen de Superficie Hipomineralizada; muestra 1

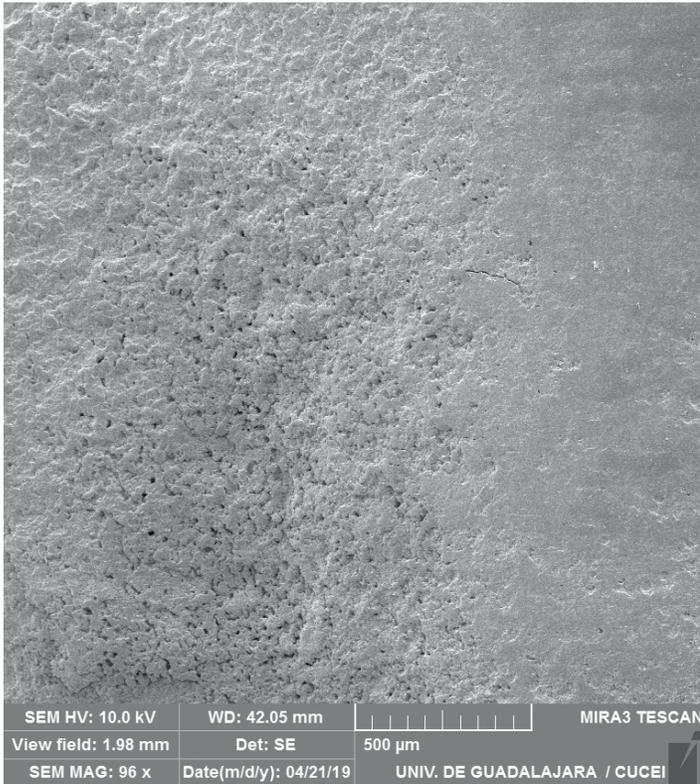
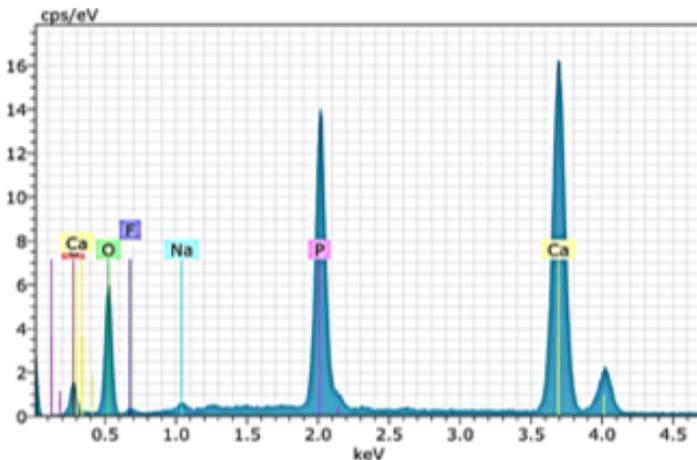
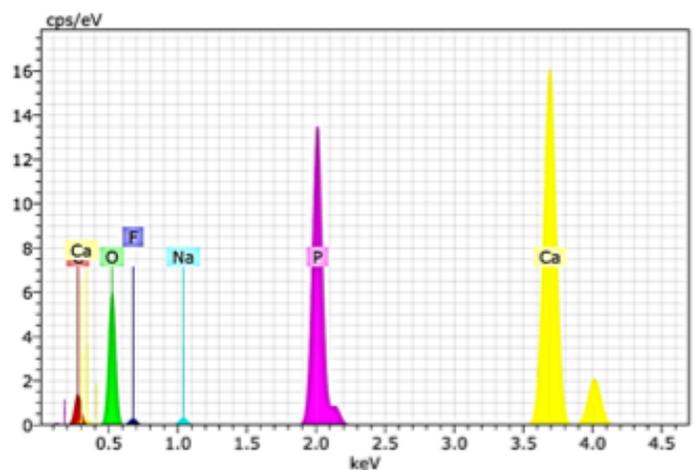


Figura 1. Imagen al MEB-EC, de la superficie de esmalte hipomineralizado en la que se efectuaron dos análisis por medio de un detector de energía dispersiva de rayos X (EDS) Kevex.

1er Análisis



2º Análisis



Resultados de espectrometría realizados en los dos análisis a la muestra N1 de esmalte hipomineralizado de un diente humano en superficie. Mostrando la imagen en la zona donde fue realizado el análisis, tabla de porcentaje y el espectro de los principales elementos localizados en la superficie, Ca (calcio), F (flúor), Na (sodio), P (fósforo), O (oxígeno) y C (carbono).



Imagen de Superficie Hipomineralizada; muestra 2

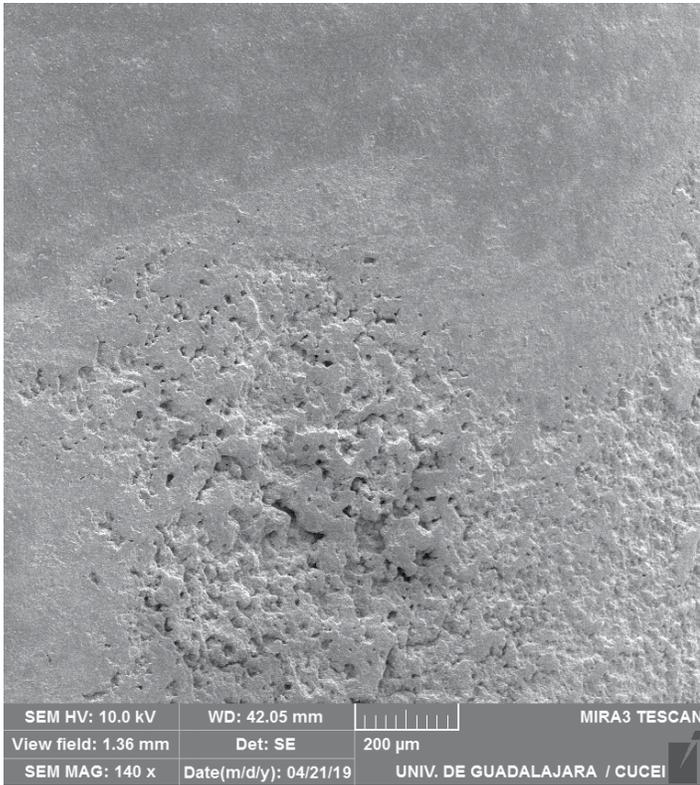
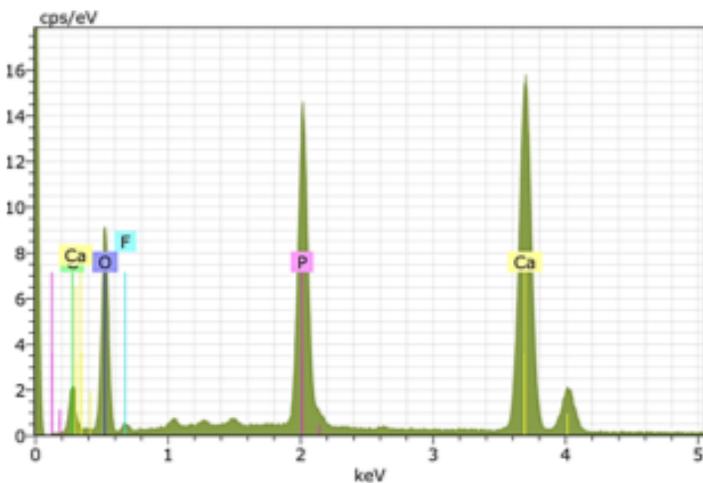
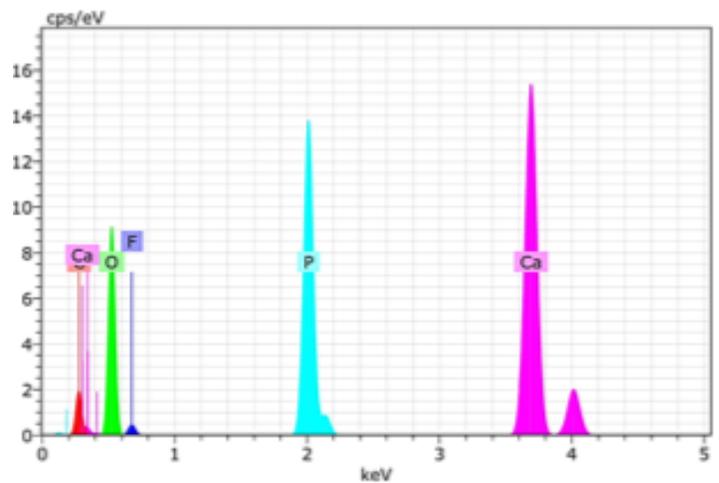


Figura 2. Imagen al MEB-EC, de la superficie de esmalte hipomineralizado en la que se efectuaron dos análisis por medio de un detector de energía dispersiva de rayos X (EDS) Kevex.

1er Análisis



2º Análisis



Resultados de espectrometría realizados en los dos análisis a la muestra N2 de esmalte hipomineralizado de un diente humano en superficie. Mostrando la imagen en la zona donde fue realizado el análisis, tabla de porcentaje y el espectro de los principales elementos localizados en la superficie, donde los principales son Ca, F, Na, P, O y C.

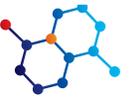


Imagen Lateral Hipomineralizada; análisis lateral a 100µm de profundidad.

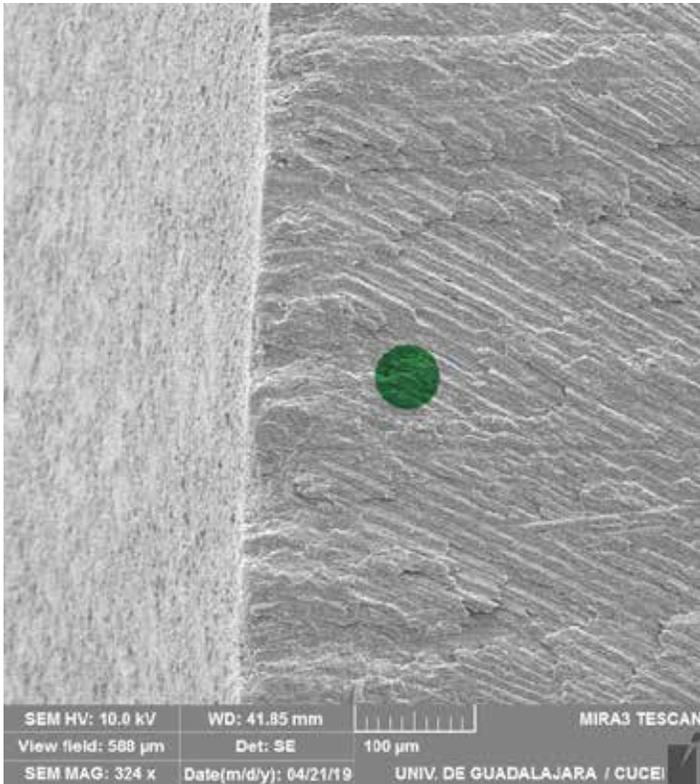
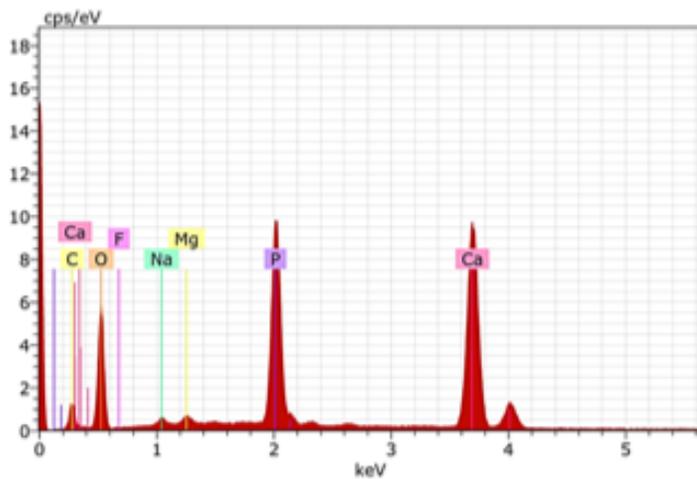
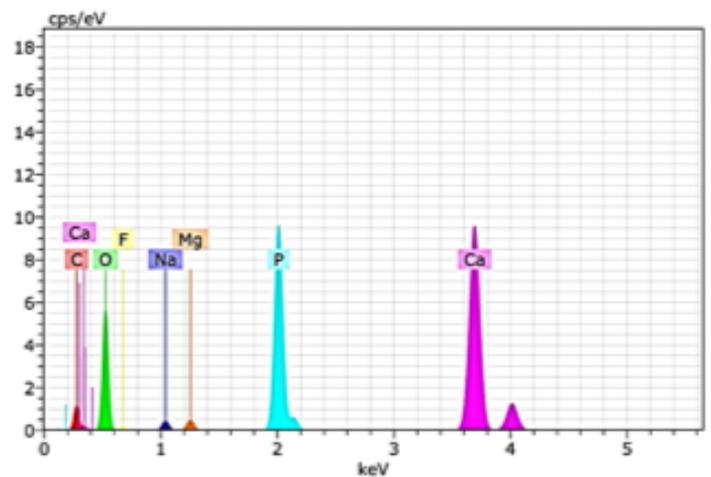


Figura 3. Imagen al MEB-EC. Superficie lateral de esmalte hipomineralizado a 100 µm de profundidad (punto verde). en esta muestra se efectuaron dos análisis por medio de un detector de energía dispersiva de rayos X (EDS) Kevex

1er Análisis



2º Análisis



Resultados de espectrometría realizados en los dos análisis al esmalte lateral de un diente humano en superficie. Mostrando la imagen en la zona donde fue realizado el análisis, tabla de porcentaje y el espectro de los principales elementos localizados en la superficie, donde los principales son Ca, F, Na, Mg (magnesio), P, O y C.



Imagen Lateral Hipomineralizada, zona de análisis lateral a 200µm de profundidad.

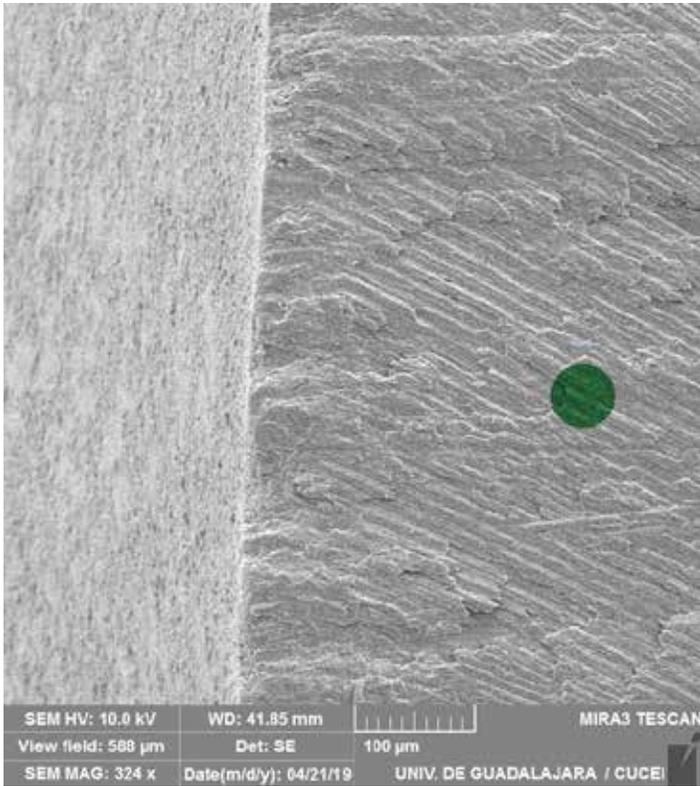
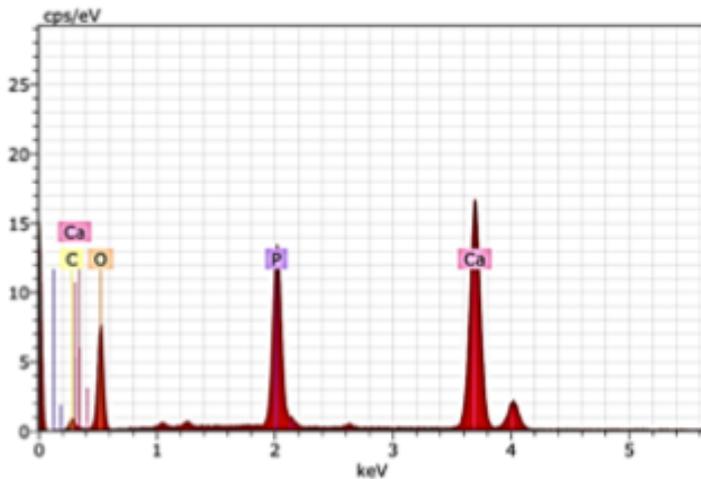
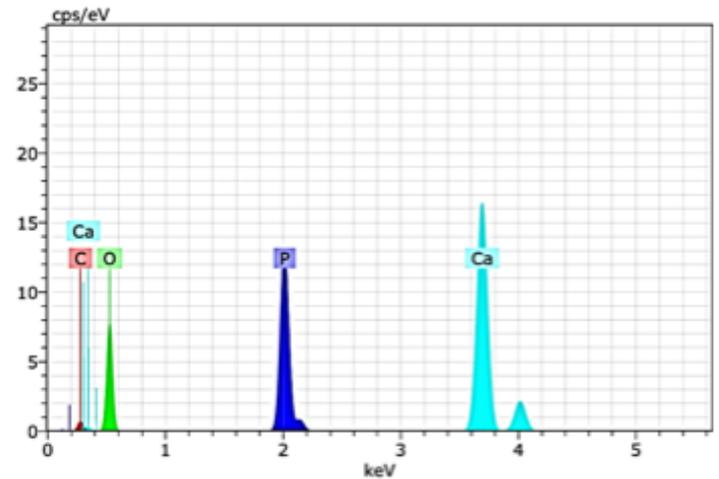


Figura 4. Imagen al MEB-EC. Superficie lateral de esmalte hipomineralizado a 200 µm de profundidad (punto verde). en esta muestra se efectuaron dos análisis por medio de un detector de energía dispersiva de rayos X (EDS) Kevex.

1er Análisis



2º Análisis



Resultados de espectrometría realizados a esmalte lateral de los dos análisis de un diente humano a 200 µm de profundidad. Mostrando la imagen en la zona donde fue realizado el análisis, tabla de porcentaje y el espectro de los principales elementos localizados en la superficie, donde los principales son Ca, F, P, O y C.

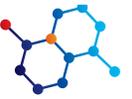
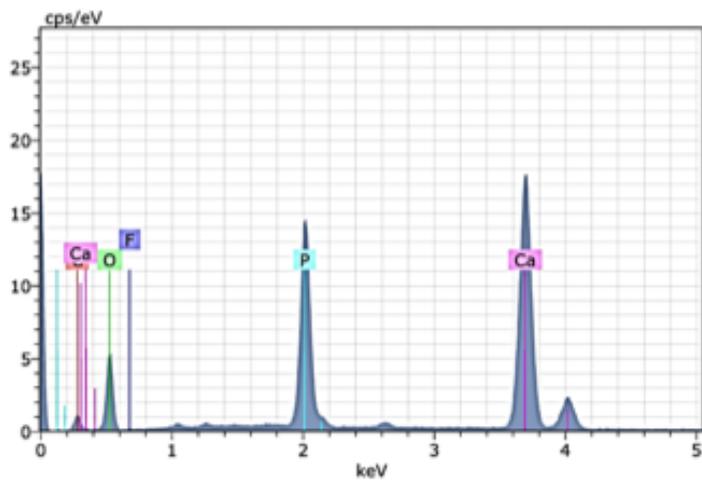


Imagen de Esmalte Normal Superficie; muestra 1

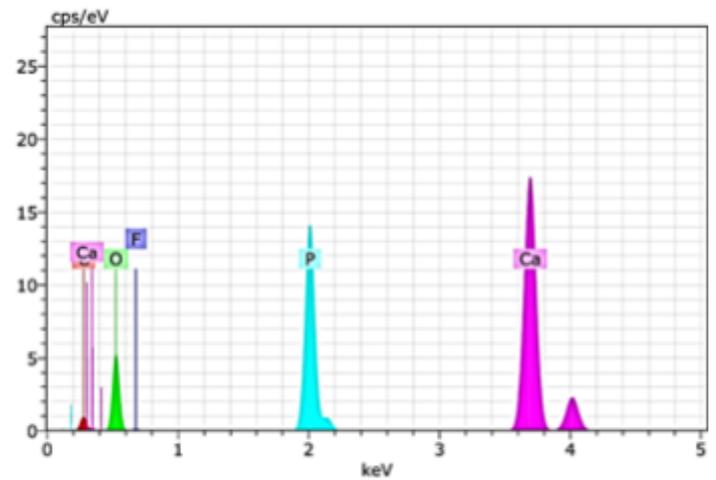


Figura 5. Imagen al MEB-EC, de la superficie de esmalte sano en la que se efectuaron dos análisis por medio de un detector de energía dispersiva de rayos X (EDS) KeveX.

1er Análisis



2º Análisis



Resultados de los dos análisis de espectrometría realizados a esmalte sano de un diente humano en superficie. Mostrando la imagen en la zona donde fue realizado el análisis, tabla de porcentaje y el espectro de los principales elementos localizados en la superficie, donde los principales son Ca, F, P, O y C.



Imagen de Esmalte Normal Superficie; muestra 2

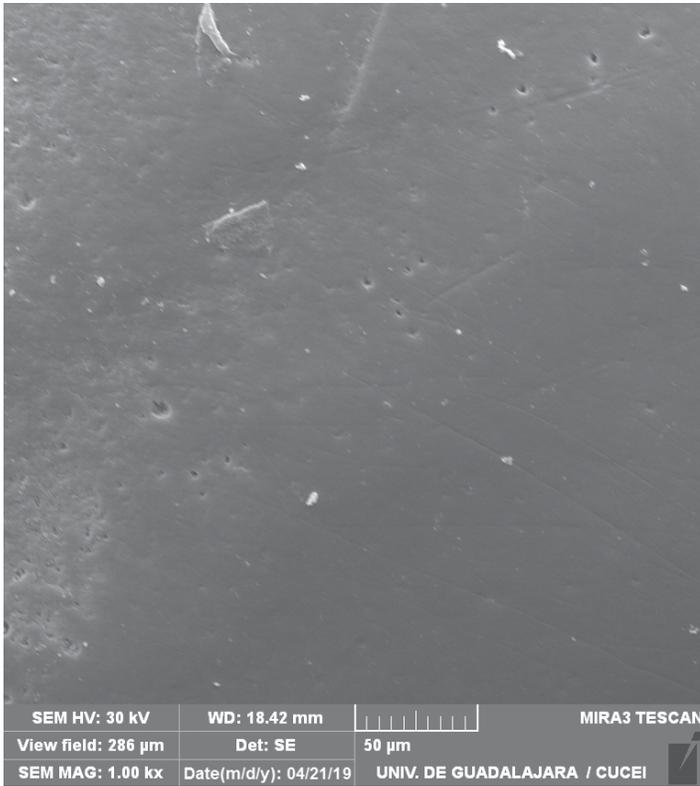
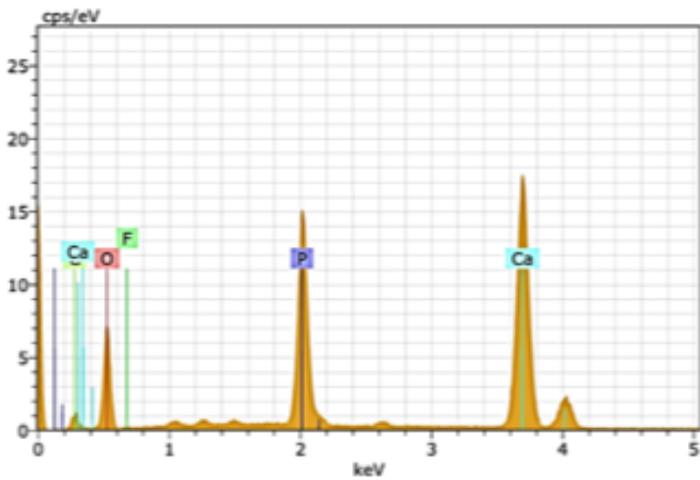
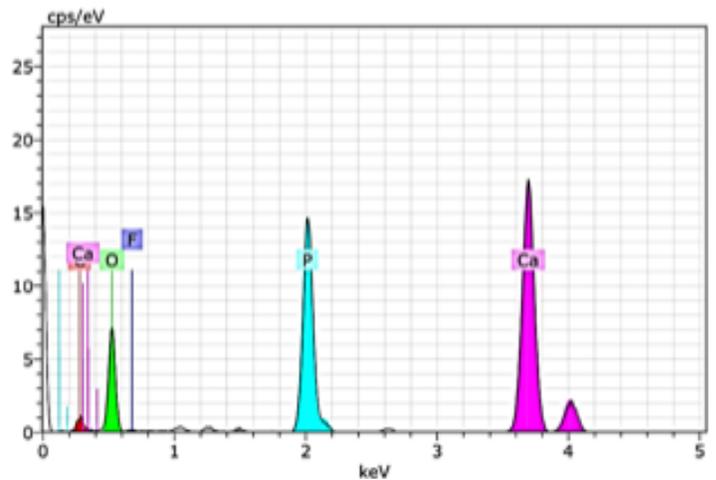


Figura 6. Imagen al MEB-EC, de la superficie de esmalte sano en la que se efectuaron dos análisis por medio de un detector de energía dispersiva de rayos X (EDS) Kevex.

1er Análisis



2º Análisis



Resultados de los dos análisis de espectrometría realizados al esmalte sano de la superficie de un diente humano. Mostrando la imagen en la zona donde fue realizado el análisis, tabla de porcentaje y el espectro de los principales elementos localizados en la superficie, donde los principales son Ca, F, P, O y C.

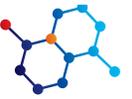


Imagen Lateral Normal 100µm

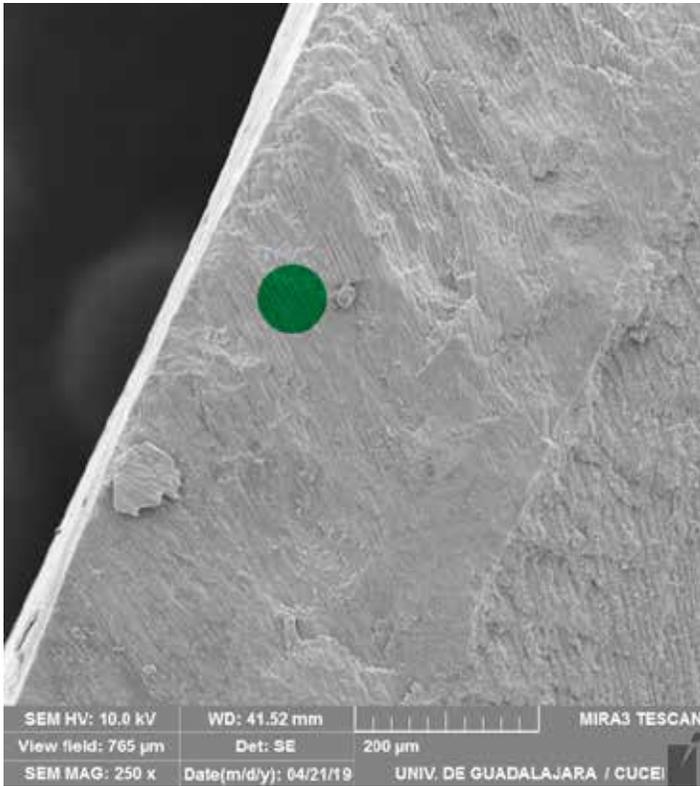
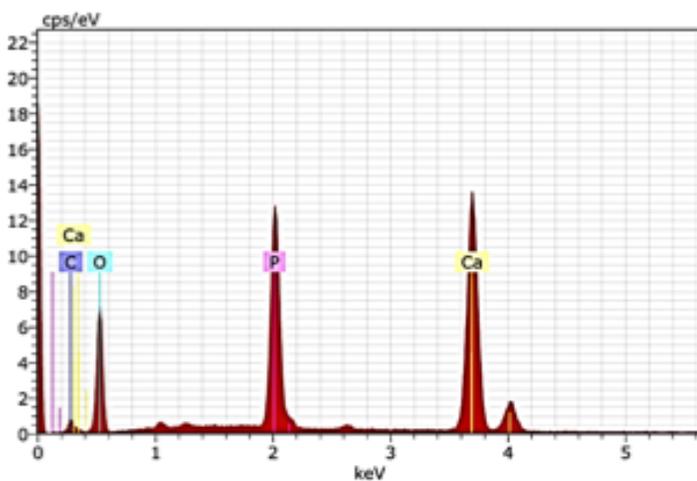
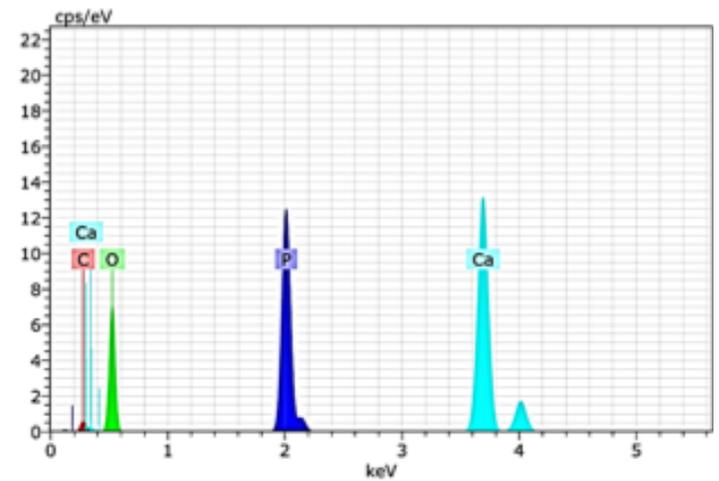


Figura 7. Imagen al MEB-EC. Superficie lateral de esmalte sano a 100 µm de profundidad (punto verde). en esta muestra se efectuaron dos análisis por medio de un detector de energía dispersiva de rayos X (EDS) Keveex.

1er Análisis



2º Análisis



Resultados de los dos análisis de espectrometría realizados al corte lateral de esmalte sano de un diente humano a 100 µm de profundidad. Mostrando la imagen en la zona donde fue realizado el análisis, tabla de porcentaje y el espectro de los principales elementos localizados en la superficie, donde los principales son Ca, P, O y C.

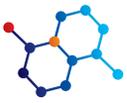


Imagen Lateral Normal 200µm

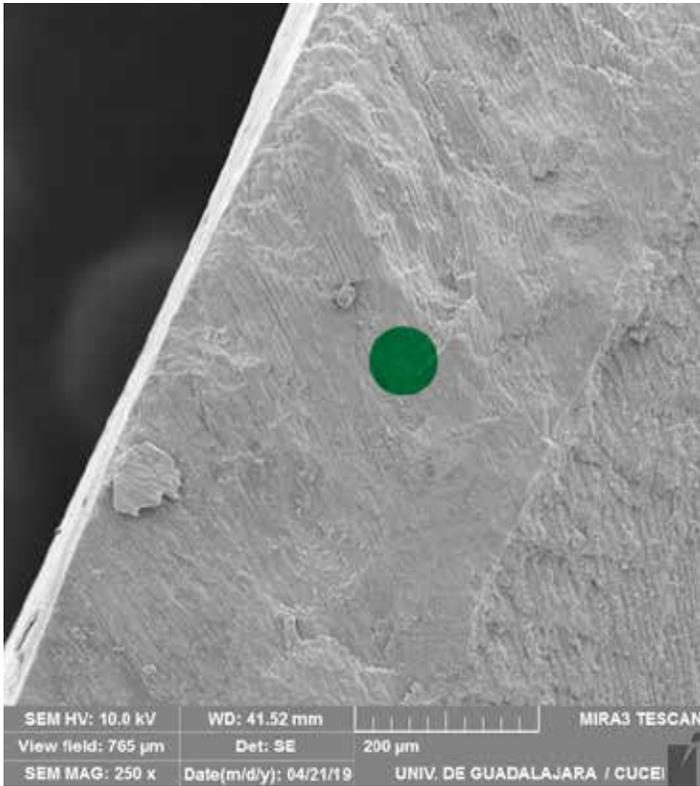
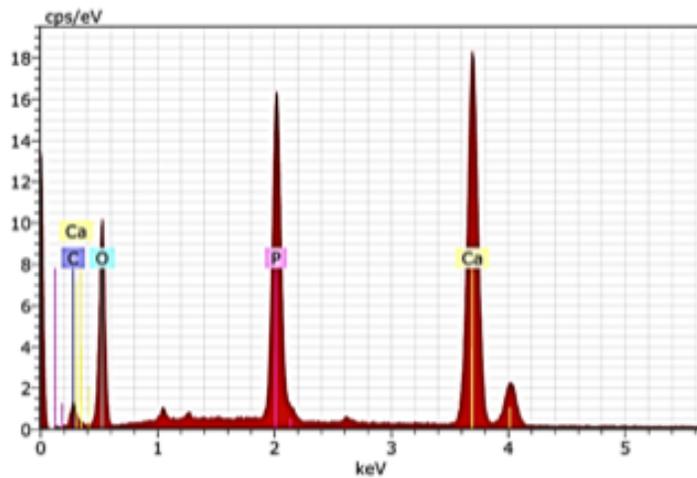
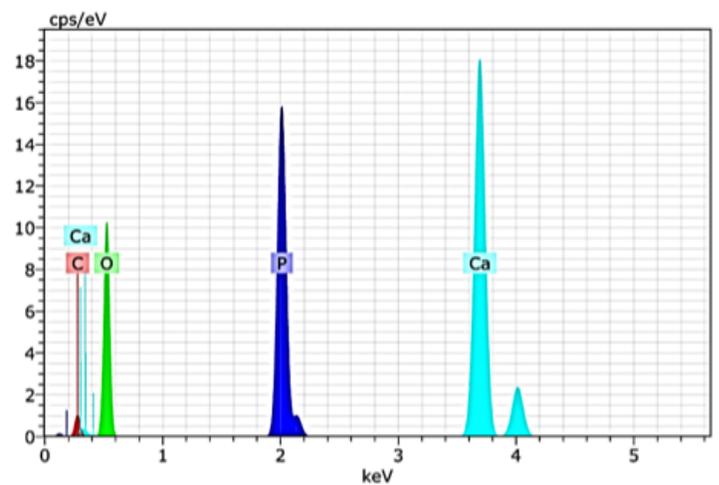


Figura 8. Imagen al MEB-EC. Superficie lateral de esmalte sano a 200 µm de profundidad (punto verde). en esta muestra se efectuaron dos análisis por medio de un detector de energía dispersiva de rayos X (EDS) Kevex..

1er Análisis



2º Análisis



Resultados de los dos análisis de espectrometría realizados al corte lateral de esmalte de un diente humano efectuado a 200 µm de profundidad. Mostrando la imagen en la zona donde fue realizado el análisis, tabla de porcentaje y el espectro de los principales elementos localizados en la superficie, donde los principales son Ca, P, O y C.



Tabla de Espectro de esmalte Hipomineralizado y Normal en superficie, a 100 y 200µm

ELEMENTO	Sup. HMI 1	Sup. HMI 2	HMI 1 100 µm	HMI 2 100 µm	HMI 2 200 µm	Sup. EN 1	Sup. EN 2	EN 100 µm	EN200 µm
Carbón	10.72	12.02	11.55	11.81	--	7.93	7.16	--	--
	X̄ 11.37 *		X̄ 11.72 *		5.21	X̄ 7.54 *		5.32	6.33
Oxígeno	42.99	48.83	49.58	58.21	--	42.12	47.24	--	--
	X̄ 45.91 *		X̄ 53.89 *		51.31 *	X̄ 44.68 *		52.00 *	53.00 *
Flúor	2.02	2.90	--	1.20	--	0.72	1.24	--	--
	X̄ 2.46 *								
Sodio	0.59	--	0.55	1.05	--	--	--	--	--
	--		X̄ 0.80*						
Fósforo	12.86	11.22	11.78	12.40	--	14.14	13.27	--	--
	X̄ 12.04*		X̄ 12.09*		12.39	X̄ 13.70*		13.72	12.38
Calcio	30.86	25.03	26.54	25.78	--	35.10	31.10	--	--
	X̄ 27.94*		X̄ 26.16*		16.10	X̄ 33.10*		28.96	28.29
Magnesio	--	--	--	0.71	--	--	--	--	--

En las líneas horizontales se encuentran los valores de porcentaje en peso (%) de los elementos encontrados (sombreados en gris), y los valores y los valores promedio de la muestra 1 y 2 del esmalte hipomineralizado y normal en la superficie, a 100 y 200 µm (sombreados en blanco). (Sup. HMI - Superficie con hipomineralización incisiva molar; Sup. EN - Superficie de esmalte normal *)

CARBON: Los valores del elemento C se encuentran aumentados en la superficie del esmalte hipomineralizado comparado al que se presenta en una superficie normal.

OXIGENO: Los valores del elemento O se encuentran de manera similar en un esmalte hipomineralizado que en un esmalte normal en superficie a 100µm y 200µm.

FLUOR: Los valores del elemento F se encuentran aumentados en la superficie de esmalte hipomineralizado comparados a niveles a 100µm del mismo y mucho mayores que en el esmalte normal.

SODIO: Los valores del elemento Na se encuentran en mayor concentración a 100µm en un esmalte hipomineralizado sin encontrar rastros en un esmalte normal.

FOSFORO: Los valores del elemento P se encuentran ligeramente en menor concentración en un esmalte hipomineralizado que en el esmalte normal.

CALCIO: Los valores del elemento Ca se encuentran en menor concentración en esmalte hipomineralizado que en un esmalte normal.

Al hacer un análisis de las dos superficies hipomineralizadas, podemos observar superficies irregulares con alto contenido orgánico.

De la primera superficie Hipomineralizada, en la primera muestra encontramos diferencias entre el Ca tipo 1 (0.5) y tipo 2 (16). La segunda muestra el Ca tipo 1 (1.5) y tipo 2 (15). De la superficie lateral Hipomineralizada 100µm, encontramos diferencias entre el Ca tipo 1 (0) y tipo 2 (9.5).

MAGNESIO: Los valores del elemento Mg solo se encontraron a 100µm en esmalte hipomineralizado.



DISCUSIÓN

Al comparar una superficie con HMI y una sana, como Kojima et al. (2000) y Denny et al. (2008), encontramos un contenido mineral reducido, con pocas amelogeninas; y las imágenes MEB muestran una estructura de prisma menos densa con una pérdida de conglomerados de cristal de apatita sueltos con espacios interprismáticos más amplios. (Xie et al., 2008) Estos cambios reducen la dureza del esmalte afectado, así como sus módulos de elasticidad Fagrell et al. (2010), observamos esmalte con micro desprendimientos y aunque este estudio no comparó el esmalte adyacente al área afectada de HMI con el esmalte sano, como lo realizado por Chan et al. (2010), podemos señalar que, incluso sin un estudio MEB, vemos sin buscarlo que el área afectada se aleja del centro. El área (zona de transición) tiene espacios vacíos interprismáticos y presenta áreas porosas con cristales organizados de forma menos compacta, aunque mucho menos afectados. Este último sugiere que esta zona de transición del esmalte, a pesar de tener una apariencia translúcida y normal, tiene sus propiedades mecánicas en peligro. En consecuencia, en la rehabilitación de una lesión hipomineralizada inicia un proceso de desintegración en los márgenes de la reparación.

Si consideramos el rápido deterioro de las estructuras dentales y el comportamiento errático con el tiempo de los primeros molares, además de las diversas intensidades de dolor, junto con el desarrollo de lesiones, el HMI es un desafío para el dentista clínico.

El análisis de la microestructura del esmalte con MEB y microsonda, que implementa una espectroscopía de rayos X de energía dispersa (EED) de los molares HMI, muestra las diferencias en el contenido inorgánico entre los esmaltes hipomineralizados y sanos. Este estudio surge con el fin de comprender con mayor profundidad el esmalte hipomineralizado, y así lograr que los tratamientos sean menos empíricos, de esta forma, se beneficiará la salud oral y la calidad de vida de los niños y adolescentes afectados por HMI.

Los resultados de este estudio muestran que la hipomineralización molar incisiva (HMI) tiene un mayor contenido de proteínas que el esmalte normal en términos de amelogeninas residuales, mientras que en la amelogénesis o fluorosis imperfecta el contenido de amelogeninas residuales es mucho mayor cantidad. En cuanto a la materia inorgánica, se encontró un menor contenido de C en la superficie y en el esmalte interno en comparación con el esmalte normal. En las superficies externas del esmalte hipomineralizado, se encontró una mayor concentración de C; El resultado es directamente proporcional a la cantidad de contenido de material orgánico adherido a la superficie rugosa del esmalte.

El esmalte hipomineralizado superficial e interno, se encontró en concentraciones menores de Ca en contraste con el esmalte normal.

Los valores del elemento F son más altos en la superficie del esmalte hipomineralizado, cuando en el esmalte interno no hay una presencia importante. Lo anterior muestra que incluso cuando los valores de Ca son más bajos, la presencia de F en la superficie y dentro del esmalte hipomineralizado es similar (incluso con un pequeño aumento) a los del esmalte normal

Los valores de concentración de los elementos Na y Mg son más altos; sin embargo, el segundo elemento no se encontró en otra muestra.

El alto contenido de proteínas, tanto en la superficie como en la parte interna del esmalte, complica cualquier tratamiento. Por lo tanto, es esencial eliminar los niveles de proteína, antes del ataque ácido en cualquier estrategia adhesiva donde los resultados clínicos a largo plazo van a ser más favorables. (Espinosa et al., 2008).

CONCLUSIONES

La Hipomineralización Molar Incisivo (HMI) presenta mayor contenido proteico que el esmalte sano, en cuanto a las amelogeninas residuales se encuentra en niveles normales, mientras que en la Amelogénesis Imperfecta o la Fluorosis el contenido de amelogeninas residuales es alto.

Se encontró un mayor contenido de C en la superficie de esmalte hipomineralizado que va directamente en proporción al aumento en el contenido de material orgánico.

Los valores del elemento F se encuentran aumentados en la superficie de esmalte hipomineralizado cuando existe una Hipomineralización por Fluorosis.

Los valores del elemento Na y Mg se encuentran en mayor concentración sin embargo este elemento no se encuentra en otra muestra.

Cuando altas concentraciones de material orgánico se encuentran en superficies irregulares, los valores del elemento Ca se encuentran en menor concentración en esmalte hipomineralizado que en un esmalte normal; el Ca tipo 1 es el más abundante, ya que una superficie hipomineralizada no se pierde tan fácilmente como es el caso del Ca tipo 2.

Finalmente, el mejorar el resultado clínico, depende del tratamiento de estas proteínas antes del grabado ácido como parte de las estrategias adhesivas.



REFERENCIAS

1. Xie, Z et al (2008) Transmission electron microscope characterization of molar-incisor-hypomineralisation. *J Mater Sci Mater Med*, Vol. 19, No. 10, (Oct, 2008), pp. 3187-3192. 0957-4530 (Print) 0957-4530 (Linking)
2. Xie, Z et al (2009) Intensity of enamel: experimental and modeling. *J. Dent Res*. Vol 88, No. 6, June, 2009), pp 529-533. 1544-0591 (Electronic) 0022-0345 (Linking)
3. Fagrell, T.G. et al. (2010). Chemical, mechanical and morphological properties of hypomineralized enamel of permanent first molars. *Acta Odontol Scand* Vol. 68, No. 4. (Jul,2010), pp. 215-222. 1502-3850 (Electronic) 0001-6357 (Linking)
4. Chan, Y.L. et al. (2010). Degraded prism sheaths in the transition region of hypomineralized teeth. *J Dent*. Vol. 38, No. 3, (Mar, 2010), pp. 237-244. 1879-176X (Electronic) 0300-5712 (Linking)
5. Jalevik, B. et al. (2005). Scanning electron micrograph analysis of hypomineralized enamel in permanent first molars. *Int. J Paediatr Dent*. Vol. 15, No. 4, (Jul, 2005), pp. 233-240. 0960-7439 (Print) 0960-7439 (Linking)
6. Jalevik, B. & Norten J.G. (2000). Enamel hypomineralization of permanent first molars: a morphological study and survey of possible aetiological factors. *Int J Paediatr Dent*. Vol. 10, No. 4, (Dec 2000), pp 278-289. 0960-7439 (Print) 0960-7439 (Linking)
7. Baroni, C & Marchionni, S (2011). MIH supplementation strategies: prospective clinical and laboratory trial. *J Dent Res*. Vol. 90, No. 3, (Mar, 2011), pp. 371-376. 15544-0591 (Electronic) 0022-0345 (Linking)
8. Farah, R.A. et al.(2010b). protein content of molar-incisor hypomineralisation enamel. *J Dent*. Vol. 38, No. 7, (Jul, 2010b), pp. 591-596.1879-176X (Electronic) 0300-5712 (Linking)
9. Schulze, K.A. et al, (2004). Micro-Raman spectroscopic investigation of dental calcified tissues. *J Biomed Mater Res A*. Vol. 69, No 2, (May 1, 2004), pp 28-293. 1549-3296 (Print) 1549-3296 (Linking) Scottish Intercollegiate Guidelines Network Clinical guidelines and SING. March, 2004, pp:1 <http://cys.bvsalud.org/lidbi/docsonline/9/5/159-sign50section1pdf> Accessed: Nov 2011.
10. Rodd, H.D. et al. (2007a). Pulpal status of hypomineralized permanent molars. *Pediatr Dent*. Vol. 29, No. 6, (Nov-Dec, 2007a), pp. 514-520. 0164-1263 (Print) 0164-1263 (Print) 0164-1263(Linking).
11. Jalevik, B. (2001). Enamel hypomineralization in permanent first molars: A clinical, histomorphological and biochemical study. *Swed Dent Suool*, No. 149, (2001), pp. 1-86 0348-9994 (Print) 0347-9994 (Linking)
12. Fearn, J. et al. (2004). 3D X-ray microscopic study of the extent of variations in enamel density in first permanent molars with enamel hypomineralisation. *Br Dent J*. Vol. 196, No. 10, (May 22, 2004), pp. 634-638; discussion 625. 0007-0610 (Print) 0007-0610 (Linking).
13. Espinosa R, Valencia R, Uribe M, Ceja I, Saadia M. Enamel deproteinization and its effect on Acid Etching.: An in vitro study. *J Clin Pediatr Dent*; 33(1):13-20. 2008.