

Universidad Autónoma de Baja California

**Facultad de Odontología Tijuana
Especialidad en Odontología Pediátrica**



Contenido Iónico en Esmalte y Dentina de Órganos Dentales de Cerdos Tratados con Ionómero de Vidrio Híbrido y Caso Clínico

Trabajo terminal para obtener el DIPLOMA de
ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA PEDIÁTRICA

PRESENTA

CD Anarika Guzmán Ramírez

PRESIDENTE

Dra. Lucrecia Rebeca Arzamendi Cepeda

SINODAL

Dra. Haydeé Gómez Llanos Juárez

SINODAL

Dr. Ernesto Avelar Lozano

SINODAL

Dra. Irma Alicia Verdugo Valenzuela

Tijuana, Baja California, México

Octubre 2021

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA PEDIÁTRICA**

Tijuana, Baja California a 3 de septiembre de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **CONTENIDO IÓNICO EN ESMALTE Y DENTINA DE ÓRGANOS DENTALES DE CERDOS TRATADOS CON IÓNOMERO DE VIDRIO HÍBRIDO Y CASO CLÍNICO.**

Propuesto por la CD **ANARIKA GUZMÁN RAMÍREZ**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE



**DRA. LUCRECIA REBECA ARZAMENDI CEPEDA
PRESIDENTE**

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA PEDIÁTRICA**

Tijuana, Baja California a 14 de septiembre de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **CONTENIDO IÓNICO EN ESMALTE Y DENTINA DE ÓRGANOS DENTALES DE CERDOS TRATADOS CON IÓNOMERO DE VIDRIO HÍBRIDO Y CASO CLÍNICO.**

Propuesto por la **CD ANARIKA GUZMÁN RAMÍREZ**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE



DRA. HAYDEÉ GÓMEZ LLANOS JUÁREZ
SINODAL

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA PEDIÁTRICA**

Tijuana, Baja California a 10 de septiembre de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **CONTENIDO IÓNICO EN ESMALTE Y DENTINA DE ÓRGANOS DENTALES DE CERDOS TRATADOS CON IÓNOMERO DE VIDRIO HÍBRIDO Y CASO CLÍNICO.**

Propuesto por la **CD ANARIKA GUZMÁN RAMÍREZ**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE



**DR. ERNESTO AVELAR LOZANO
SINODAL**

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA PEDIÁTRICA**

Tijuana, Baja California a 14 de septiembre de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **CONTENIDO IÓNICO EN ESMALTE Y DENTINA DE ÓRGANOS DENTALES DE CERDOS TRATADOS CON IÓNOMERO DE VIDRIO HÍBRIDO Y CASO CLÍNICO.**

Propuesto por la **CD ANARIKA GUZMÁN RAMÍREZ**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE


DRA. IRMA ALICIA VERDUGO VALENZUELA
SINODAL

Ccp.- Archivo.

Agradecimientos

La elaboración de esta tesis fue posible al apoyo, tiempo y ayuda de una gran cantidad de personas que se me presentaron en mi búsqueda de conocimiento y que les estaré agradecida infinitamente.

Primeramente, a mi madre Lidia Ramírez por su amor y apoyo incondicional, estando siempre a mi lado en mis alegrías y tristezas, por confiar y creer en mí y siempre impulsándome a ser mejor en todos los aspectos de mi vida, gracias infinitas.

A mi coordinadora la Mtra. Betsabé De La Cruz Corona y a la Dra. Irma Alicia Verdugo Valenzuela por siempre alentarme a ser mejor profesional de la salud y ser humano, también a todos mis maestros por guiarme y permitirme tomar lo mejor de cada uno de ellos.

A mi directora de tesis la Dra. Lucrecia Rebeca Arzamendi Cepeda por darme las mejores lecciones de vida y apoyarme totalmente en la realización de mi trabajo terminal.

Al Instituto de Ciencias Agrícolas UABC por abrirnos las puertas y proporcionarnos la oportunidad de realizar la investigación en los cerdos pertenecientes al instituto.

A la Dra. Eva Viviana Sarmiento Gutiérrez por proporcionar su tiempo y conocimiento a la estructura de mi trabajo terminal.

A la Dra. Ana Laura Kinejara Espinoza por su ayuda incondicional en el manejo y sedación de los cerdos.

De igual manera al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por proveer las herramientas necesarias para la realización de esta investigación y permitirme seguir preparándome profesionalmente.

Dedicatoria

Este trabajo terminal se lo dedico a mis padres y hermanos, gracias por acompañarme en esta etapa de mi formación.

También a mi sobrino Leonardo, por ser la persona que llena de alegría nuestro hogar y que me permite verlo crecer, y recordar lo que es ver el mundo con los ojos de un niño.

Resumen

Introducción: los ionómeros de vidrio son materiales bioactivos con la capacidad de liberar y almacenar elementos minerales, provocando el efecto remineralizante en los tejidos desmineralizados del órgano dental. Mass y colaboradores¹⁵ mostraron diferencias en el intercambio iónico. El cemento de ionómero de vidrio híbrido (Equia® Forte Fil) presenta resistencia y liberación de fluoruro, sin embargo, no se encontró evidencia sobre el contenido iónico en el esmalte y la dentina después de su colocación.

Objetivo: evaluar el intercambio iónico en esmalte y dentina de órganos dentales de cerdos tratados con ionómero de vidrio híbrido.

Materiales y métodos: estudio experimental in vivo en órganos dentales permanentes de dos cerdos, restaurados con cemento de ionómero de vidrio híbrido, después de cuatro meses se recolectaron cinco especímenes, dividiéndose en dos grupos: Grupo A tres especímenes con ionómero de vidrio híbrido y grupo B dos especímenes como control, análisis iónico mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y Espectroscopia Dispersiva de Rayos X (EDS) en cinco zonas histológicas, analizados con ANOVA y Tukey por medio de GraphPad Prism 9.

Resultados: el Grupo A presentó iones de estroncio, aluminio y silicio pertenecientes al ionómero de vidrio distribuidos en el esmalte y la dentina con ausencia de estos elementos en el Grupo B. No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre el Grupo A y B en la relación Ca/P ($p > 0.05$).

Discusión: la presencia de estroncio indica que, ante la salida de iones de calcio, se incorpora evitando la desmineralización de acuerdo con Mass y colaboradores. La relación Ca/P del Grupo A y B fue la misma deduciendo que el ionómero de vidrio híbrido proporciona estabilidad ante la pérdida y ganancia de iones.

Conclusión: se observó intercambio iónico entre el esmalte y dentina de órganos dentales de cerdos y el ionómero de vidrio híbrido, manteniendo la remineralización.

Palabras claves: ionómero de vidrio, remineralización, intercambio iónico

Abstract

Introduction: glass ionomer are bioactive materials with the ability to release and store mineral elements, causing the remineralizing effect on the demineralized tissues of the dental organ. Mass et al.¹⁵ showed differences in ion exchange. Hybrid glass ionomer cement (Equia® Forte Fil) exhibits strength and fluoride release, however, no evidence was found on the ionic content in enamel and dentin after placement.

Objective: to evaluate the ion exchange in enamel and dentin of dental organs of pigs treated with hybrid glass ionomer.

Materials and methods: in vivo experimental study in permanent dental organs of two pigs, restored with hybrid glass ionomer cement, after four months five specimens were collected, dividing into two groups: Group A three specimens with hybrid glass ionomer and Group B two specimens as a control, ionic analysis by Scanning Electron Microscopy (SEM) and X-Ray Dispersive Spectroscopy (EDS) in five histological zones, analyzed with ANOVA and Tukey via GraphPad Prism 9.

Results: Group A presented strontium, aluminium and silicon ions belonging to the glass ionomer distributed in enamel and dentin with the absence of these elements in Group B. No statistically significant differences were found between Group A and B in the Ca/P ratio ($p > 0.05$).

Discussion: the presence of strontium indicates that, before the outflow of calcium ions, it is incorporated avoiding demineralization according to Mass et al. The Ca/P ratio of Group A and B was the same deducing that the hybrid glass ionomer provides stability against ion loss and gain.

Conclusion: ion exchange was observed between the enamel and dentin of dental organs of pigs and the hybrid glass ionomer, maintaining remineralization.

Keywords: glass ionomer cement, remineralization, ion exchange

Contenido

Introducción.....	1
Planteamiento del problema.....	23
Justificación.....	25
Hipótesis.....	27
Objetivos.....	28
Materiales y Métodos	30
Resultados.....	41
Discusión.....	45
Conclusiones.....	49
Recomendaciones.....	50
Caso clínico.....	51
Referencias Bibliográficas	76
Anexos	85

Introducción

Los órganos dentales se encuentran compuestos por tejidos mineralizados denominados esmalte y dentina. El esmalte es la estructura externa de los órganos dentales es uno de los tejidos más calcificado el cual contiene un 95% de hidroxiapatita.^{1,2} La dentina es calcificada, pero en menor contenido mineral con un 50% de hidroxiapatita.³ Los órganos dentales pueden verse afectados por diversas patologías entre ellas como primer lugar la caries dental.⁴

La saliva es la principal fuente de iones de calcio y fosfato para que se lleve a cabo la remineralización.⁵ El fluoruro es un agente químico protector del desarrollo de lesiones cariosas, erosión o abrasión dental, promueve la remineralización e inhibe la desmineralización reduciendo la prevalencia de pérdida de la estructura dental del órgano dental.² Los productos con fluoruro que son usados comúnmente para prevenir el desarrollo de lesiones cariosas son el fluoruro de sodio (NaF), fluoruro diamino de plata (SDF), fosfato de fluoruro acidulado (APF) o el fluoruro estañoso (SNF₂).^{4,8,9} Se popularizó el uso de los cementos de ionómero de vidrio desde su lanzamiento en los años 70's, son biomateriales ideales por sus ventajas como son la adhesión a la dentina, liberación y captación de fluoruro, su coeficiente de expansión térmica lineal cercana a la dentina y al esmalte, compatibilidad biológica y translucidez. Pero también presenta algunas desventajas como es elevada rugosidad, baja resistencia mecánica y el desgaste de la superficie. Los principales usos de los cementos de vidrio de alta viscosidad son para la restauración de órganos dentarios temporales, lesiones cervicales y tratamientos restaurativos atraumáticos.^{8,9} La última generación de cementos de ionómero de vidrio convencionales con todas sus propiedades y el mejoramiento de la fuerza mecánica son Equia® Forte Fil y Ketac universal.^{10,11}

Antecedentes

2020, Khurana y cols realizaron un estudio in vitro usando premolares extraídos, 40 de ellos presentaban una estructura sana mientras que los otros 40 presentaban fluorosis, la metodología consistió en realizar cavidades estandarizadas y obturarlas, los biomateriales usados fueron cementos de ionómero de vidrio, Equia Forte Fil, Cention N y resina evaluándose mediante un examen de nanoindentación. Los resultados acerca del Equia Forte Fil mostraron presentar un menor módulo de elasticidad, pero mejores valores de dureza que Cention N y los cementos de ionómero de vidrio, esto debido a sus rellenos híbridos que puede mejorar la reparación y la remineralización del esmalte fluorado que otros materiales.⁵

2019, Schwendicke y cols el objetivo de su investigación fue evaluar el efecto de remineralización de biomateriales como el cemento de ionómero de vidrio, el trióxido mineral agregado y el cemento de silicato de calcio. La colocación de los materiales fue en la dentina de 40 órganos dentales sometidos a diferentes protocolos de simulación de lesiones cariosas para posteriormente ser colocados en simuladores de la presión pulpar y fluidos orales por tres meses. Los resultados que observaron fueron que el cemento de ionómero de vidrio presento ganancia de minerales, pero no dureza en la dentina desmineralizada además de no formación de apatita carbonatada.¹²

2019, Pires y cols realizaron una investigación donde su objetivo fue determinar la capacidad de incrementar la densidad mineral con el uso de materiales dentales como el policarboxilato de zinc, cemento de ionómero de vidrio y silicatos de calcio. El estudio fue realizado en nueve terceros molares sanos donde realizaron cinco cavidades en cada órgano, después de obturarlos con los materiales dentales, los

órganos dentales se mantuvieron por 45 días ante un simulador de presión intrapulpar, para posteriormente ser escaneados por un micro-CT de alta energía. Los resultados y conclusiones mostraron un incremento de la densidad mineral en todas las cavidades donde se colocó los biomateriales.¹³

2018, Neves y cols realizaron una investigación in vitro para evaluar el potencial de inducir cambios en la densidad mineral en la dentina cariada con el uso de los cementos de ionómero de vidrio, cemento de silicato de calcio (Biodentine™), agregado de trióxido mineral (MTA) y los cementos Portland en dentina cariada y compararon con los cementos de óxido de zinc y eugenol (ZOE), basado en los resultados los cementos de ionómero de vidrio, MTA y cemento Portland presentaron un alto potencial de incrementar en la densidad mineral de la dentina cariada al igual que el cemento de silicato de calcio (Biodentine™), por lo que los cementos de ionómero de vidrio continúan siendo unos de los primeros biomateriales de elección debido a su capacidad de remineralizar las estructuras dentarias.¹⁴

2017, Mass y cols publicaron un estudio acerca de la capacidad de remineralización del cemento de ionómero de vidrio realizado en Israel, presentando un estudio retrospectivo donde recolectaron 16 órganos dentarios temporales los cuales habían sido restaurados con amalgama, compómero y cementos de ionómero de vidrio, estos tratamientos fueron realizados previamente de 2 a 5 años antes de su exfoliación, una vez recolectados para su estudio se realizó un análisis de los elementos usando el microscopio electrónico de escáner (SEM; Quanta 200) en conjunto con el espectrómetro de energía dispersa de rayos-X (EDS), analizaron el contenido iónico de cinco regiones tomados en el centro de la restauración, la dentina pegada a la restauración, a 1mm de distancia de la dentina adyacente a la

restauración, en el esmalte adyacente a la restauración y a un 1 mm de distancia del esmalte pegado de la restauración, los resultados mostraron que el cemento de ionómero de vidrio presentó menor reducción de los componentes inorgánicos con la presencia de contenido de fluoruro en el esmalte a diferencia de los órganos dentarios restaurados con amalgama y compómero donde presentaron una mayor reducción de elementos inorgánicos.¹⁵

2016, Chen y cols realizaron investigaciones para mejorar el cemento de ionómero de vidrio adicionando silicatos de calcio, Wollastonita y el trióxido mineral agregado (MTA) y sus objetivos fue determinar la fuerza a la compresión, pH y bioactividad entre los cementos de ionómero de vidrio modificados y los tradicionales. Los resultados que observaron fue la presencia de cristales de apatita presentes en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio modificado, pero no en el cemento de ionómero de vidrio tradicional.¹⁶

2006, Ngo y cols evaluaron la remineralización de la dentina con el uso de los cementos de ionómeros de vidrio colocados en primeros molares permanentes de trece pacientes. Los pacientes presentaban lesiones cariosas profundas, después de haberlos extraídos la metodología consistió en la remoción selectiva de la dentina infectada por medio de la técnica de restauración atraumática (TRA) y colocaron cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad, las muestras fueron colocados en glutaraldehído al 2% como medio de almacenamiento y después de uno a tres meses cortaron y por medio de microanálisis de investigación de electrón (EPMA) observando que los iones fluoruro y estroncio penetraron a profundidad en la dentina desmineralizada confirmándose el proceso de remineralización.¹⁷

Marco Teórico

Esmalte

El esmalte dental se define como un biomaterial nanocompuesto de origen ectodérmico, con propiedades físicas y químicas únicas esto debido a su alto contenido de cristales de hidroxiapatita dándole una gran dureza y resistencia.¹⁸⁻²⁰ La formación del esmalte se lleva a cabo por eventos celulares denominados como amelogénesis y reacciones bioquímicas como es la biomineralización.¹⁸ Los ameloblastos son células altamente especializadas derivadas del epitelio interno del órgano del esmalte, sintetizan y secretan proteínas como es amelogenina, ameloblastina y enamelinina necesarias para dirigir el crecimiento longitudinal de los prismas del esmalte, además de transportar iones de calcio y fosfato dentro de la matriz del esmalte.¹⁸⁻²⁰

La composición del esmalte se divide en inorgánico con un 95%, 1-2 % de material orgánico y del 2-4 % de agua.¹⁹ El tejido maduro del esmalte carece de células presentando nula capacidad de regeneración, es avascular y sin inervación. La propiedad física del esmalte respecto al color es translúcida pudiendo presentarse una coloración blanco amarillenta o blanco grisáceo, pero esto dependerá de la dentina subyacente, del espesor de la corona y el grado de mineralización por lo que cuando más mineralizado se encuentre más translúcido será. El espesor puede variar presentando como máximo cerca de los 2.5 mm en la superficie oclusal o incisal.^{19,20} La estructura principal que componen el esmalte son los prismas también llamados varillas o bastones que se extienden desde la unión amelodentinaria hasta la superficie externa, cada prisma está conformado por cuatro ameloblastos.¹⁸ Entre los

elementos secundarios se encuentran las líneas de crecimiento o líneas de Retzius que son líneas de incremento en el esmalte de depósitos recurrentes, a medida que el esmalte se mineraliza se desarrollan estas líneas de crecimiento. La línea neonatal es una línea de incremento acentuada que se presenta por el cambio de ambiente y nutrición al nacer. Las laminillas dentales son fisuras que se extienden desde la superficie externa del esmalte hacia la unión amelodentinaria y el origen de algunas laminillas pueden presentarse durante el desarrollo del esmalte, pero también puede deberse a impactos o cambios de temperatura. Los penachos del esmalte son defectos del desarrollo del esmalte, se caracterizan por ser espacios con presencia de material orgánico denominado enamelina y se localizan en la unión amelodentinaria apareciendo en ángulo recto y su extensión puede llevarse de una quinta o hasta una décima parte desde la unión amelodentinaria a la superficie oclusal. Los husos del esmalte son extensiones de los túbulos de dentina que pueden contener prolongaciones odontoblásticas, se presentan en la unión amelodentinaria y se extienden por el esmalte.^{18,19}

Dentina

La dentina es un tejido mineralizado avascular, elástico capaz de soportar las fuerzas masticatorias.¹⁹ Presenta un 70% de material inorgánico compuesto por cristales de hidroxiapatita, un 20% de matriz orgánico y un 10% agua. La matriz orgánica está compuesta en un 90% de colágena Tipo I mientras que el resto incluye glicoproteínas y proteínas no colágenas (PNC). Las proteínas no colágenas están compuestas por glicoproteínas/sialoproteínas, proteoglicanos, fosfoproteínas y factores de crecimiento.^{3,20}

Debido a que la dentina presenta un menor contenido de calcio y alto en carbonato la dentina presenta más vulnerabilidad ante las lesiones cariosas.²⁰ La dentina y la pulpa forman el complejo dentino pulpar y su origen embriológico de ambos es ectomesenquimático, el proceso de formación de la dentina se denomina dentinogénesis y las células encargadas son los odontoblastos.

Los odontoblastos presentan un cuerpo que se encuentra en la zona superficial de la pulpa y una prolongación citoplasmática denominada fibrilla de Tomes que se encuentra alojada en el túbulo dentinario. Por lo que los dos componentes principales de la dentina son los túbulos dentinarios y la matriz intertubular. La dentina tiene la capacidad de formarse continuamente frente a procesos patológicos características que no presenta el esmalte y la pulpa dental.^{19,21}

La clasificación de la dentina de acuerdo a su periodo de desarrollo y características histológicas se divide en primaria, secundaria y terciaria. La dentina primaria está compuesta por dentina del manto, dentina globular y dentina circumpulpar. La dentina primaria está presente en la corona y raíces de los órganos dentarios y su patrón de depósito diario es aproximadamente de 4µm de dentina.^{20,22}

La dentina del manto se presenta a lo largo de unión amelodentinaria con un espesor de 150µm, esta dentina no contiene sialoproteínas de la dentina, ni fosfoproteínas de la dentina, mientras que la mineralización de esta porción es mediante vesículas de la matriz y no por frente de mineralización.^{19,21} La dentina globular se encuentra entre la dentina del manto y dentina circumpulpar, la dentina globular se piensa que es el resultado de una mineralización deficiente producida

durante la maduración final del odontoblasto y se distingue por presentar áreas hipomineralizadas entre los glóbulos llamados espacios interglobulares. La dentina circumpulpar puede presentar un espesor de 6-8 mm de espesor en la zona de la corona y sus fibras son 10 veces más pequeñas que la dentina del manto.^{19,21}

Hidroxiapatita

La hidroxiapatita (HAP) es un biocristal, que se encuentra en la fase mineral del esmalte y la dentina en diferentes porcentajes.²² Se compone por iones de calcio (Ca^{+2}), fosfato (PO_4^{-3}) e hidroxilo (OH^-) en una relación estequiométrica de 10:6:2, su fórmula química es la siguiente $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{HO})_2$.^{22, 23} Estos iones permanecen unidos por sus fuertes cargas eléctricas opuestas, equilibrándose entre ellos y presentando una alta organización.²⁴ El radio atómico de la relación Ca/P de la hidroxiapatita es de 1.67 en los órganos dentarios humanos.¹⁸ Adicionalmente puede presentar la sustitución de otros iones que no se encuentran en la hidroxiapatita como es el magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), sodio (Na^+), zinc (Zn^{2+}), manganeso (Mn^{2+}), óxido de sílice (SiO_4^{4-}), cloro (Cl^-), flúor (F^-) u otros iones cambiando la estructura del cristal ya sea por iones de calcio, fosfato o hidroxilo. Investigaciones han desarrollado cristales de hidroxiapatita artificiales mencionando presentar dificultades ya que presenta pobre resistencia mecánica y presentan una disolución rápida.^{18,22}

El fluoruro ha sido uno de los elementos más estudiados que se une a la estructura de la hidroxiapatita y esto se lleva a cabo debido al intercambio del ion hidroxilo(OH^-) por el ion fluoruro (F^-) dando como resultado cristales de fluorhidroxiapatita o fluorapatita esto dependerá si se reemplaza uno o dos iones hidroxilo presentando características químicas y físicas diferentes, entre las

características presentan una mayor fuerza de atracción entre los iones siendo más fuerte aún en condiciones ácidas.^{18,20}

Otro elemento estudiado es el estroncio (Sr^{2+}) en estudios in vitro han observado el incremento de la matriz dental proteínica tipo I. El estroncio presenta similitudes en la carga y tamaño del radio al del calcio por lo que ha sido sustituido en la composición de vidrios bioactivos como es el CaO por SrO. El calcio por su naturaleza es más electropositivo que el estroncio por lo que es menos soluble en comparación al estroncio por lo que en los cementos de ionómero de vidrio realizan el cambio de CaF_2 por SrF_2 .²⁴ Estudios han observado mejoras en la rápida disolución del vidrio, e inhibición del crecimiento bacteriano y en conjunto con el fluoruro mejora la remineralización. La unión del estroncio a la hidroxiapatita produce la formación más rápida de Ca-Sr-hidroxiapatita ($\text{Sr}_5\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$).^{25,26}

Proceso de desmineralización y remineralización

La desmineralización se define como la pérdida de iones de calcio y fosfato de las estructuras mineralizadas del órgano dental por acción de los ácidos.²⁷ El componente inorgánico de los tejidos mineralizados del órgano dental consiste en cristales de hidroxiapatita en la que el esmalte presenta un 95% y la dentina un 70% en su estructura. Esta fase mineral puede ser disuelto por ácidos orgánicos algunos de ellos son el ácido acético, láctico, propiónico y fórmico producido por las bacterias cariogénicas, este ácido puede atravesar los prismas del esmalte formando el inicio de las lesiones cariosas.^{21,23}

La remineralización es la ganancia neta de mineral en tejido previamente desmineralizado, esto no implica que la lesión recuperó su contenido original. Este proceso de incorporación de iones de fluoruro, calcio y fosfato en tejido desmineralizado se puede llevar a cabo naturalmente adquiridos por medio de la saliva o el biofilm y por la formación de dentina por los odontoblastos creando minerales precipitados amorfos en los espacios intercristales originando una nueva superficie sobre los cristales ya existentes.²⁷

El calcio y fosfato son minerales esenciales para la remineralización mientras que el fluoruro juega un papel importante en el mejoramiento del proceso, la remineralización también se puede llevar a cabo por medio de agentes externos para obtener iones de fluoruro como son los barnices o cementos de ionómero de vidrio entre otros. De esta forma los iones de fluoruro entran en el tejido desmineralizado y forman cristales de fluorapatita que presentan como característica la resistencia al ataque de los ácidos.²⁸

Caries dental

La caries dental es una enfermedad dinámica debido a un cambio ecológico dentro del biofilm dental, hacia un balance a microorganismos acidogénicos y acidúricos, estos microorganismos cariogénicos se desarrollan y mantienen si existe el consumo frecuente de carbohidratos fermentables, esta enfermedad es de naturaleza multifactorial, no transmisible resultando en la pérdida mineral de la estructura dental. Siendo determinada por factores biológicos, conductuales, psicosociales y ambientales, como consecuencia de este proceso se presenta el desarrollo de las lesiones cariosas.^{4,29}

Las lesiones cariosas se desarrollan en las zonas de estancamiento donde el potencial cariioso de la biopelícula se eleva con subproductos acidogénicos del metabolismo bacteriano, iniciando la desmineralización del esmalte y estimulando las reacciones defensivas en la dentina y la pulpa. Si la desmineralización del esmalte continúa progresando, la dentina será expuesta a la invasión bacteriana llevándola también a la desmineralización y eventualmente a la cavitación. La respuesta inicial del complejo dentino-pulpar es una combinación de inflamación y promoción de la mineralización, incrementando la actividad secretora por parte de los odontoblastos formando la dentina terciaria o dentina reaccionaria debajo del área afectada.³⁰

Cementos de ionómero de vidrio

Los cementos de ionómero de vidrio son ampliamente usados en la odontología contemporánea, gracias a su ventaja sobre otros materiales restauradores como son la adhesión química, biocompatibilidad, efecto antibacteriano, estabilidad dimensional y acción remineralizante con su liberación de fluoruros sobre los tejidos dentales siendo esta una de las características más importantes.³¹

Su uso incluye como material restaurador en órganos dentales temporales³² y permanentes clases I y II no muy amplias, restauraciones anteriores clase III y V,^{9,33} reconstrucción de muñones dentarios,³⁴ cementación de postes de fibra de vidrio, recubrimientos cavitario reemplazando al hidróxido de calcio o como alternativa al mineral trióxido agregado (MTA),³² restauraciones intermedias (técnica sándwich)³⁵ e inactivación de caries, sellantes de fosetas y fisuras,³⁴ cementación de coronas, puentes y como agente de cementado para aparatos de ortodoncia, además es un material de elección para el tratamiento restaurador atraumático (TRA).^{32, 36}

Los cementos de ionómero de vidrio fueron desarrollados por Wilson y Kent en el laboratorio de química del gobierno inglés, como resultado de numerosos estudios e intentos por mejorar el cemento de silicato y fue patentado en 1969, los primeros resultados de la investigación fueron publicados en 1972 en el British Dental Journal bajo el título de “Un nuevo cemento translúcido”. El primer Ionómero de vidrio fue comercializado en Europa hacia 1976 con el nombre de ASPA (Caulk-DeTrey). A principios de 1977, fue introducido en Estados Unidos mientras que en los países latinoamericanos fue hacia finales de la década de 1970.^{34,37}

El término “ionómero de vidrio” fue nombrado en sus primeras publicaciones, aunque no es la forma más correcta. El nombre apropiado acorde a la Organización Internacional de Estandarización (ISO por sus siglas en inglés) es “cemento de vidrio polialquenoato”, pero el término “ionómero de vidrio” es reconocido, aceptado y ampliamente usado por la comunidad odontológica.³⁷

Composición

Los cementos de ionómero de vidrio pertenece a los materiales conocidos como cementos ácido-base y comprende dos principales componentes: un polvo de vidrio fluoruro-aluminosilicato y una solución acuosa que contiene ácido polialquenoico, como pudiera ser el ácido poliacrílico o ácido maléico.⁹

Vidrios

Los vidrios del cemento de ionómero deben ser básicos para ser capaces de reaccionar con los ácidos esto para formar una sal, por lo que los vidrios de aluminio-silicato adicionado con fluoruro y fosfato son satisfactorios. Algunos cementos de

ionómero de vidrio han sustituido el calcio en su contenido por estroncio,³⁷ su remplazo incrementa la radiopacidad de los cementos sin efectos adversos sobre las propiedades visuales del material, también se ha observado que la presencia de estroncio mejora en la liberación de fluoruro en comparación a la presencia de calcio.⁸

Ácidos Poliméricos

Los polímeros usados en los cementos de ionómero de vidrio son los ácidos polialquenoicos ya sea los homopolímeros (ácido acrílico) a 2:1 de ácidos acrílicos de copolímeros y ácido maléico. El ácido poliacrílico son ampliamente usados en la composición del ionómero de vidrio también denominados como polielectrolitos presentándose en concentraciones de 40-50%, fue seleccionado debido a su interacción con el calcio y su potencial de formar enlaces con el hidrógeno y el colágeno.³⁸ El peso molecular alto incrementa la fuerza de los cementos, la solución de polímero con un alto peso molecular tiene también una alta viscosidad, pero esto provoca dificultad en su mezclado. Por lo que se eligen pesos moleculares para equilibrar estos efectos, por lo que las propiedades óptimas se logran con un peso de 11,000 (promedio numérico) y 52,000 (promedio de masa), estos valores dan una polidispersidad de 4.7.³⁷

Conformación de los cementos de ionómero de vidrio

Los ionómeros de vidrio se ajustan de 2-5 minutos después del mezclado por la reacción ácido-base dividiéndose en dos fases. La primera fase consiste en la disolución, los ácidos atacan la superficie de las partículas de vidrio liberando iones como es el F^- y el Ca^{2+} (o Sr^{2+}) del vidrio dentro de la solución de poliácido, seguido rápidamente por los iones de Al^{3+} . Posteriormente las moléculas de poliácido

comienzan a ionizarse y adoptar una forma lineal, produciendo que los grupos carboxílicos del poliácido sean más accesibles para los iones y facilitar el enlace en la fase de gelación. Cuando esta reacción ocurre toda el agua se incorpora dentro del cemento y la fase de no separación ocurre.³⁷

La segunda fase de gelación o maduración es lenta y continua aproximadamente un día. El cemento fraguado estará formado por núcleos de partículas de vidrio sin reaccionar, encapsulado por un gel de sílice. Produciéndose cambios en las propiedades físicas como es un incremento en la fuerza, así como en su translucidez y aumenta la proporción de agua que se une fuertemente a la estructura.^{37,38} La liberación de iones de fluoruro y calcio o estroncio provee al ionómero de vidrio el potencial de remineralizar los tejidos desmineralizados favoreciendo la reformación de apatita.³⁸

El rol del agua

El agua es un componente esencial de los cementos de los ionómeros de vidrio, el agua actúa como un solvente para el ácido polimérico permitiendo que este actúe como un ácido para permitir la liberación de protones. El agua no unida se puede perder de la superficie del cemento de ionómero de vidrio recién colocado causando una superficie seca, esto se ha atribuido a el desarrollo de micro fracturas en la superficie del cemento y a la aparición de una superficie calcárea. Por lo que se recomienda cubrir la superficie del cemento con una capa de gel de petrolato o un barniz para prevenir la pérdida de agua.^{8,37}

Hay dos tipos de barnices, uno de ellos es una solución de polímero en solvente y el otro es un monómero fotopolimerizable de baja viscosidad, existe evidencia de que el monómero fotopolimerizable presenta una protección superior debido a la ausencia de solventes evitando la formación de porosidades y previniendo que el agua pueda escaparse.³⁷

Propiedades físicas de ionómero de vidrio

Las propiedades físicas y sus reacciones de los cementos de ionómero de vidrio son influenciados por cómo están preparados, la relación líquida, la concentración de poliácido, las partículas del tamaño del vidrio y la edad de los especímenes. Los cementos de ionómero de vidrio de acuerdo a la Organización Internacional de Estandarización (ISO) por sus siglas en inglés (Tabla1), deben cumplir como mínimo ciertas propiedades físicas.³⁷

Tabla 1. ISO requerimientos de los cementos de ionómero de vidrio para grado clínico		
Propiedad	Ionómero de vidrio cementación	Ionómero de vidrio restaurativo
Tiempo/minutos	2.5-8	2-6
Fuerza de compresión/MPa	70 (mínimo)	100 (mínimo)
Erosión ácida (máxima)/mmh-1	-	0.05
Opacidad C _{0.70}	-	0.35-0.90
Ácido-soluble As/mg kg ⁻¹	2	2
Ácido-soluble Pb/mg kg ⁻¹	100	100

Liberación de fluoruro

La liberación de fluoruro es una de las propiedades más importantes de los cementos de ionómero de vidrio, este puede ser liberado por periodos largos de

tiempo, mostrando una rápida liberación inicial denominada "combustión temprana" está se observa hasta cuatro semanas continuas seguido posteriormente por una liberación sostenida. La liberación de fluoruro incrementa en condiciones ácidas siendo capaces de contrarrestar la acidez incrementando el pH externo del medio.^{37,39}

La liberación de fluoruro envuelve un proceso que consiste en la liberación de una gran cantidad de iones de aluminio o iones de hidrógeno en condiciones neutrales formando AlF_4 , más tarde se produce la formación del complejo HF_2 o una disociación HF , es necesario separar el flúor para que sea libre y para ello se le adiciona TISAB (solubilidad total iónica ajustada buffer) este es un componente con el propósito de desestructurar el fluoruro y asegurarse que el flúor se encuentre libre. Se ha observado que la hidroxiapatita reacciona en medios ácidos, tomando el fluoruro de los cementos de ionómero de vidrio independientemente de si está acompañado de otro químico. El fluoruro es considerado beneficioso ya que una aportación continua en bajas niveles inhibe la desmineralización del esmalte y la dentina, además de reducir la hipersensibilidad hacia estímulos fríos.³⁷

El fluoruro también es absorbido por los cementos de ionómero de vidrio esto al menos en las primeras etapas del cemento. Esto fue propuesto por primera vez por Walls donde realizó experimentos almacenando cemento de ionómero de vidrio en agua mientras que en otro recipiente colocó cementos de ionómero de vidrio con una solución de fluoruro confirmando esta teoría. Se han evaluado algunas marcas comerciales de cementos de ionómero de vidrio y los resultados fueron que las recargas de fluoruro disminuyen con la maduración.³⁷

Adhesión

La adhesión de los ionómeros de vidrio a la superficie del diente es una ventaja muy importante. La fuerza de unión del ionómero de vidrio en el esmalte varía del 2.6 al 9.6 MPa mientras que el valor de unión de la dentina es de 1.1 a 4.1 MPa. La fuerza de unión es mayor en el esmalte que en la dentina esto sugiere que la unión mejora con la fase mineral, esta fuerza de unión se desarrolla rápidamente cerca del 80% de la final fuerza de unión que tendrá llevándose a cabo en 15 minutos y el resto se finaliza en los siguientes días.³⁷

La adhesión tomar lugar por etapas, la primera consiste en la aplicación del cemento fresco permitiendo una humectación adecuada a la superficie del diente, esto es impulsado por la naturaleza hidrofílica de ambas superficies es decir el cemento de ionómero de vidrio y la superficie del diente, iniciando la formación de enlaces de hidrógeno entre los grupos carboxilos libre del cemento y la unión de agua a la superficie del diente, estos enlaces de hidrógeno son lentamente remplazados por enlaces iónicos verdaderos formados entre cationes en el órgano dental y aniones de grupos funcionales del cemento de ionómero de vidrio, como resultado es la lenta formación de una capa de intercambio iónico entre el órgano dental y el cemento. Estudios mediante espectroscopía infrarroja han observado que la fuerza de unión entre los grupos carboxilos del ácido acrílico y la superficie del diente mientras que en el colágeno no se ha observado en esta unión del todo.³⁷

Clínicamente la superficie del órgano dental es preparada a través de un acondicionador, es un proceso que consiste en tratar la superficie que recibirá el ionómero con una solución acuosa de ácido poliacrílico al 37% por 10-20 segundos

seguido de su lavado, esto con el objetivo de remover la capa de barro dentinario, abrir los túbulos dentinarios y parcialmente desmineralizar la superficie del órgano dental, llevando a que la superficie del diente incremente y permitiendo que ocurra una unión micromecánica.³⁷

La adhesión de los cementos de ionómero de vidrio puede atribuirse varios fenómenos interrelacionados.^{32,37}

- Entrelazado micro-mecánica causado por el ionómero de vidrio siendo de auto-grabado debido a los componentes poliácidos y la eliminación del barro dentinario.
- Unión química verdadera esto envuelve a los enlaces iónicos verdaderos (iónico, hidrógeno) o fuerzas (Van der Waals) entre los grupos carboxilos en las moléculas del poliácido y los iones de calcio en la estructura del diente.
- Proceso de difusión propuestos por varios autores donde los iones de los cementos y los iones del órgano dental moviéndose hacia la zona interfacial y creando la capa de intercambio iónico, esta capa contiene estroncio y calcio indicando que esta zona es el resultado del movimiento de iones del cemento y el órgano dental, formando una adherencia fuerte entre estos dos. Esta capa de interfaz contiene calcio, fosfato, aluminio, fluoruro y silicatos esto dependerá de la composición del ionómero de vidrio interactuando con el sustrato.

La importancia de la adhesión es para reducir o eliminar la presencia de filtración marginal y esto a su vez permitan la entrada de microorganismos y la formación de lesiones cariosas.³⁷

Interacción de la interface entre el cemento de ionómero de vidrio y el órgano dental

Después de la colocación del cemento de ionómero de vidrio al diente y durante su endurecimiento es seguido la aparición de distintas interfaces, diferentes estudios han observado que el tiempo para la formación de esta capa fue de 1 a 10 días en contacto entre las superficies del ionómero de vidrio y el diente.

La identificación de esta interfaz ha sido descrita con diferentes nombres como “capa de interfaz”, “zona distinta de interacción”, “dentina desmineralizada”, “capa resistente ácido-base”, “zona de infiltración mineral”, “capa de absorción”, “capa híbrida”, “zona de interdifusión” y “capa intermedia”. Esta interface formada es el resultado de un intercambio iónico seguido de un grabado de esmalte y dentina, así como de interacciones químicas con el ácido poliacrílico.³² Esta interface de interacción ha sido observada y descrita en diversos estudios con un grosor que va desde 14.5µm, 5-7µm, 2.8-3.4µm, 1µm, 1-2 µm y 0.4-0.5µm y en otros la ausencia completa de esta interface.³²

La calidad de unión de los cementos de ionómero de vidrio al órgano dental está determinada por la integridad de la interfaz. Algunos autores han reportado fallas denominadas como cohesivas, mixtas y adhesivas. Cuando los cementos de ionómero de vidrio presentan grietas cercas de la interfaz, pero sin contactar directamente con la interfaz se denominan como fallas cohesivas, entre las principales causas se identifica la deshidratación y el estrés mecánico. Las fallas adhesivas presentan grietas con una completa falta de unión del ionómero con la interface mientras que las fallas mixtas presentan una combinación de ambas fallas.³²

Además de presentar grietas se puede adicionar la presencia de poros. Los poros se definen como la presencia de espacios vacíos dentro del cemento de ionómero de vidrio, algunos autores lo identifican como “huecos”, “burbujas de aire” o “aire incluido”. Ngo¹⁸ y colaboradores observaron una mayor prevalencia de poros cuando los cementos de ionómero de vidrio son mezclados usando máquinas automáticas en comparación con un mezclado manual. La presencia de estos poros ya sea en la interfaz o en llenado de la cavidad esto incrementa la posibilidad de fracturas y llevar al fracaso la restauración.³²

Bioactividad

Los cementos de ionómero de vidrio son bioactivos naturales debido a que liberan biológicamente iones activos como son el fluoruro, sodio, fosfato y silicatos, así como también el calcio o estroncio puede ser liberado esto ocurre en soluciones neutras. Mientras que en condiciones ácidas los ionómeros de vidrio aumentan el pH del medio circundante inhibiendo el crecimiento de *Streptococcus mutans* y *Stroptococcus sanguinis*.²³ Los ionómeros de vidrio son capaces de tomar iones, como es el caso de la saliva natural en la cual toman los iones de calcio y fosfato y desarrollan una superficie muy resistente.³⁷

Aplicaciones clínicas del ionómero de vidrio

Los ionómeros de vidrio son clasificados en tres tipos:^{37,39}

- Tipo I: cementación

En ellos incluye coronas, puentes, inlays, onlays y aparatos ortodónticos, uso relativamente bajo de la relación polvo: líquido (1.5:1 a 3.8:1), fuerza moderada, rápido ajuste con buena resistencia al agua y son radiopacos.

- Tipo II: cementos restaurativos

Existen dos subdivisiones de los cementos de tipo II

Tipo II (i): restauraciones para dientes anteriores donde la apariencia sí importa

Presentan alta relación polvo: líquido radio (por lo menos 3:1 hasta 6.8:1), tienen un buen color y translucidez, necesita protección por lo menos 24 horas con barniz o gel de petrolato, usualmente es radiopaco.

Tipo II (ii): restauraciones posteriores o reparaciones

Presentan alta relación polvo: líquido radio (3:1 a 4:1), rápido ajuste, resistencia al consumo de agua y es radio-opaco.

- Tipo III: cementos como bases o forro cavitario

Baja relación polvo: líquido radio para forro cavitario (1.5:1) permitiendo una buena adaptación a las paredes de la cavidad.

Alta relación polvo: líquido radio para las bases (3:1 a 6.8:1) donde la base actúa como sustituto de dentina denominada técnica "sándwich" para después colocarse resina.

Mezclado de los ionómero de vidrio

Los ionómeros de vidrio pueden ser mezclados usando una espátula sobre un bloque de papel a esto se llama mezclado manual. Otros pueden ser presentados en cápsulas dosificadas separadas por una membrana, esta membrana se rompe inmediatamente antes de mezclarse y la cápsula se coloca en el vibrador especial para su auto mezclado, el resultado es una pasta que es extruida de la cápsula y usada para su aplicación intraoral.³⁷

Cemento de ionómero de vidrio híbrido (Equia® Forte Fil)

La compañía GC en Tokio, Japón en 2015 desarrolló un cemento de ionómero de vidrio basado en una tecnología de vidrio híbrido el cual consiste en un cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad en presentación de cápsula. Las características que presenta este ionómero de vidrio es la obturación en masa (bulk fill) que presenta partículas de vidrio ultra finas y altamente reactivas con adición de un ácido poliacrílico con un alto peso molecular que resulta en un sistema de restauración con gran resistencia a la fractura y durabilidad.^{40,41} Está basado en un sistema denominado EQUIA por sus siglas en inglés de Easy (fácil), Quick (rápido), Unique (único), Intelligent (inteligente) y Aesthetic (estético).³⁴ Estudios han considerado aceptable su colocación en cavidades clase I y II después de 2 años, en el área de la Odontología Pediátrica también ha presentado una buena adaptación en las restauraciones en dientes temporales con las ventajas de colocarlo en menos pasos y tiempos operativos cortos.³⁴

Equia Forte Fil está compuesto en un 95% de vidrios de estroncio fluoruro aluminosilicato incluyendo el ácido poliacrílico y pigmentos. Mientras que los componentes del líquido consisten en 40% de ácido poliacrílico acuoso, ácido tartárico y agua destilada. Una de sus propiedades más importantes de este ionómero de vidrio es su potencial anticariógeno, esto se puede deber a el cambio del calcio presente en algunos cementos de ionómero de vidrio por el estroncio mejorando la liberación de fluoruro.^{24, 40,42}

Planteamiento del problema

Entre las enfermedades bucodentales que pueden afectar a los seres humanos a lo largo de su vida, causando molestias, dolor, deformación e incluso la muerte, se encuentra en primer lugar la caries dental, como la enfermedad más frecuente afectando tanto órganos dentarios permanentes como temporales.⁴³

La presencia de lesiones cariosas en órganos dentarios temporales y permanentes de acuerdo a un análisis sistemático realizado por The Global Burden of Disease Study en 2017 estimo que 2.3 billones de personas a nivel mundial presentaron lesiones cariosas en órganos dentales permanentes y más de 530 millones de niños presentaron en órganos dentales temporales.⁴⁴

La estadística del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Patologías Bucles (SIVEPAB) realizada en México en 2019 mostró que la población infantil de 3 a 5 años presentó Caries Temprana de la Infancia un porcentaje de 36.4% mientras que en los adultos el porcentaje fue de 93.3%, aunque las cifras en la población adulta son mayores en comparación a la infantil, esta última es de gran preocupación ya que el desarrollo de la enfermedad es más rápida y sobre todo incrementa en países en vías de desarrollo bajo y medio.⁴⁵

Las secuelas de la enfermedad de caries dental se denominan lesiones cariosas, el manejo de las lesiones cariosas dependerá del grado de afectación de la estructura dental y la vitalidad pulpar por lo que quizás sea necesario restaurarlos. Existe una gran variedad de materiales dentales utilizados para las restauraciones de órganos dentales afectados por las lesiones cariosas u otras enfermedades bucales,

a estos materiales se denominan como biomateriales, muchos de ellos son excelentes materiales restauradores y estéticos como es el caso de las resinas que son materiales fotocurables inertes que contienen rellenos de vidrio o cerámicos, pero no interaccionan con los tejidos dentales.

Existe otra variedad de biomateriales como son los ionómeros de vidrio que surgieron en los años 70's, han sido ampliamente usados en la odontología ya que presentan gran variedad de ventajas y pueden ser utilizados en diversas situaciones a diferencia de otros materiales en la cual su uso es más limitado. Los estudios mencionan a los ionómeros de vidrio como materiales bioactivos o biomineralizantes ya que presentan la capacidad de interactuar con la hidroxiapatita del esmalte y la dentina.

Existen muchos estudios acerca de los ionómeros de vidrio, pero muy pocos in vivo acerca de la capacidad de remineralización del esmalte y dentina que se encuentra adyacente al lugar de la restauración. Los ionómeros de vidrio continúan innovando y mejorando sus propiedades con el paso del tiempo, en Odontología Pediátrica los ionómeros de vidrio Equia® Forte Fil y Ketac universal son usados debido a la facilidad de su colocación y a sus propiedades.

Por lo cual la pregunta es ¿Se produce el intercambio iónico en el esmalte y la dentina adyacentes a la restauración de ionómero de vidrio híbrido en órganos dentales de cerdos?

Justificación

Los cementos de ionómero de vidrio son materiales bioactivos que presentan grandes ventajas como son la biocompatibilidad, adhesión química, efecto antibacteriano, estabilidad dimensional y la liberación de iones metálicos. Han demostrado en diferentes estudios in vitro e in vivo la liberación de iones hacia los tejidos duros del órgano dental adyacente a la restauración, sobre todo cuando el pH disminuye con esto favoreciendo la prevención de caries secundaria.^{32,46}

Otra de las ventajas que se les atribuye a los cementos de ionómero de vidrio es su facilidad, rápido de manejo y colocación siendo una de las mejores opciones de materiales restauradores en la rama de la Odontopediatria.

Estudios pasados han descrito en sus investigaciones el intercambio iónico que presenta los cementos de ionómero de vidrio que emergieron en años pasados, recientemente se han desarrollado una gran cantidad de nuevos cementos que añaden a su composición mejoras.

Uno de ellos es el cemento de ionómero de vidrio híbrido (Equia® Forte Fil), investigaciones recientes han estudiado su resistencia y liberación de fluoruro, pero ninguno acerca del contenido iónico que presenta el esmalte y la dentina después de su colocación.

Debido a que después de restaurar a órganos dentarios permanentes o temporales el seguimiento y obtención de las muestras es difícil y el reproducirlos en laboratorio presenta limitaciones en recrear el ambiente bucal del ser humano, por lo que se optó por la realización de esta investigación in vivo en cerdos los cuales presentan características muy similares al ser humano.

Esta investigación tiene como objetivo observar la interacción de los ionómeros de vidrio con los tejidos dentales y su capacidad de ganar iones metálicos.

Hipótesis

Trabajo

Los cementos de ionómero de vidrio híbrido liberan iones y se difunden por el esmalte y la dentina adyacente a la restauración.

Nula

Los cementos de ionómero de vidrio híbrido liberan iones y no se difunden por el esmalte y la dentina adyacente a la restauración.

Objetivos

General

Evaluar el intercambio iónico en esmalte y dentina adyacente a la restauración de órganos dentales de cerdos tratados con ionómero de vidrio híbrido.

Específicos

1. Determinar el contenido iónico del esmalte adyacente a la restauración del cemento de ionómero de vidrio híbrido.
2. Determinar el contenido iónico de la dentina adyacente a la restauración del cemento de ionómero de vidrio híbrido.
3. Analizar el porcentaje de radio Ca/P del esmalte y la dentina en cada uno de los especímenes.

Variables

Nombre de la variable: contenido de iones en esmalte

Definición: conteo de átomo o grupo de átomos con carga eléctrica medidos en zona histológica del esmalte

Tipo de medición: cuantitativa

Instrumento de medición: espectroscopía dispersiva de rayos X

Escala: porcentaje

Uso: determinar el intercambio iónico del ionómero de vidrio híbrido hacia el esmalte

Nombre de la variable: contenido de iones en dentina

Definición: conteo de átomo o grupo de átomos con carga eléctrica medidos en zona histológica de la dentina

Tipo de medición: cuantitativa

Instrumento de medición: espectroscopía dispersiva de rayos X

Escala: porcentaje

Uso: determinar el intercambio iónico del ionómero de vidrio híbrido hacia la dentina

Nombre de la variable: relación Ca/P

Definición: componentes principales de la hidroxiapatita presentes en los tejidos mineralizados del órgano dental

Tipo de medición: cuantitativa

Instrumento de medición: espectrómetro de energía dispersa de rayos X

Escala: porcentaje

Uso: comparar la salida y entrada de iones calcio y fosfato en el esmalte y la dentina

Materiales y Métodos

Tipo de estudio: experimental in vivo

Universo de estudio: dos cerdos

Muestreo: No probabilístico por conveniencia de cinco fragmentos de la corona de órganos dentarios del cerdo

Criterios de inclusión

- Órganos dentarios permanentes de cerdo
- Órganos dentarios anteriores de cerdo

Criterios de exclusión

- Órganos dentarios temporales del cerdo
- Órganos dentarios posteriores de cerdo

Criterios de eliminación

- Órganos dentarios del cerdo con desgaste severo con pérdida de la corona

Aspectos Éticos

Esta investigación se realizó respetando los derechos de los animales y siguiendo la Declaración Universal de los Derechos de los Animales y la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio con énfasis en los puntos 5.5 a 5.5.6 donde se puntualiza las medidas de cuidado y alimentación de los cerdos, documento anexo.

Los procedimientos para salvaguardar la integridad de los sujetos de prueba durante el estudio se siguieron de acuerdo a la Norma NOM-062-ZOO-1999, documento anexo.

Los procedimientos para el manejo de riesgos fueron regidos por la NOM-062-ZOO-1999, documento anexo.

En el margen de riesgo-beneficio la posibilidad de muerte del cerdo existió durante el proceso de sedación, siempre se encontró bajo el cuidado del médico veterinario siendo esta posibilidad mínima, el beneficio que proporcionó esta investigación fue observar la interacción que presenta el cemento de ionómero de vidrio híbrido con los órganos dentales de cerdos en su medio bucal.

El financiamiento del estudio fue propio.

La declaración de conflictos de interés de cada investigador se encuentra en anexo.

Esta investigación hizo uso de especies biológicas de cerdos de la raza Landrace/Duroc Jersey.

Método de recolección de datos

Estudio in vivo conducido por el Instituto de Ciencias Agrícolas UABC, el Posgrado de la Facultad de Ingeniería campus Mexicali UABC y la Especialidad en Odontología Pediátrica UABC. La investigación incluyó dos cerdos de la raza Landrace/Duroc Jersey, divididos en Grupo A y B, con un peso de 100 kg del cerdo Grupo A y 60 Kg del cerdo Grupo B.

Anestesia general del cerdo

La inducción de la anestesia general solo fue al cerdo del grupo A, lo realizó el veterinario por medio de la administración de los fármacos Maleato de Acepromacina (Calmivet®) y Ketamina (Ketamin-Pet) (Figura 1A y B), la dosis de ambos fármacos fue de 5ml por vía intramuscular y venosa (Figura 1C y D), la espera para la acción de los medicamentos fue de 15 minutos.



Figura 1. Anestesia general del cerdo Grupo A. A) Maleato de Acepromacina (Calmivet®), B) Ketamina (Ketamin-Pet), C y D) Colocación intravenosa de los fármacos.

Preparación de las cavidades

Después de 15 minutos de la administración de los medicamentos el cerdo estuvo totalmente sedado (Figura 2A), se procedió a la preparación de tres cavidades sobre la superficie bucal de dos incisivos maxilares y un incisivo mandibulares con un diámetro 5 x 5 mm y con una profundidad de 2 mm sobre la superficie bucal (Figura 2B), las preparaciones fueron realizadas abarcando esmalte y dentina, las cavidades fueron realizadas con una fresa transmetal de carbonato de tungsteno (E0150A008, 330, Maillefer, Switzerland), pieza de alta velocidad (Concentrix, EUA) e irrigación externa por medio de solución de cloruro de sodio 0.9% por medio de una jeringa estéril de 5 ml (BD, EUA), se colocó aislamiento relativo con el uso de rollos de algodón y gasas (Ambiderm, México), además del uso de abre bocas de Molt adulto (TBS, Pakistán).

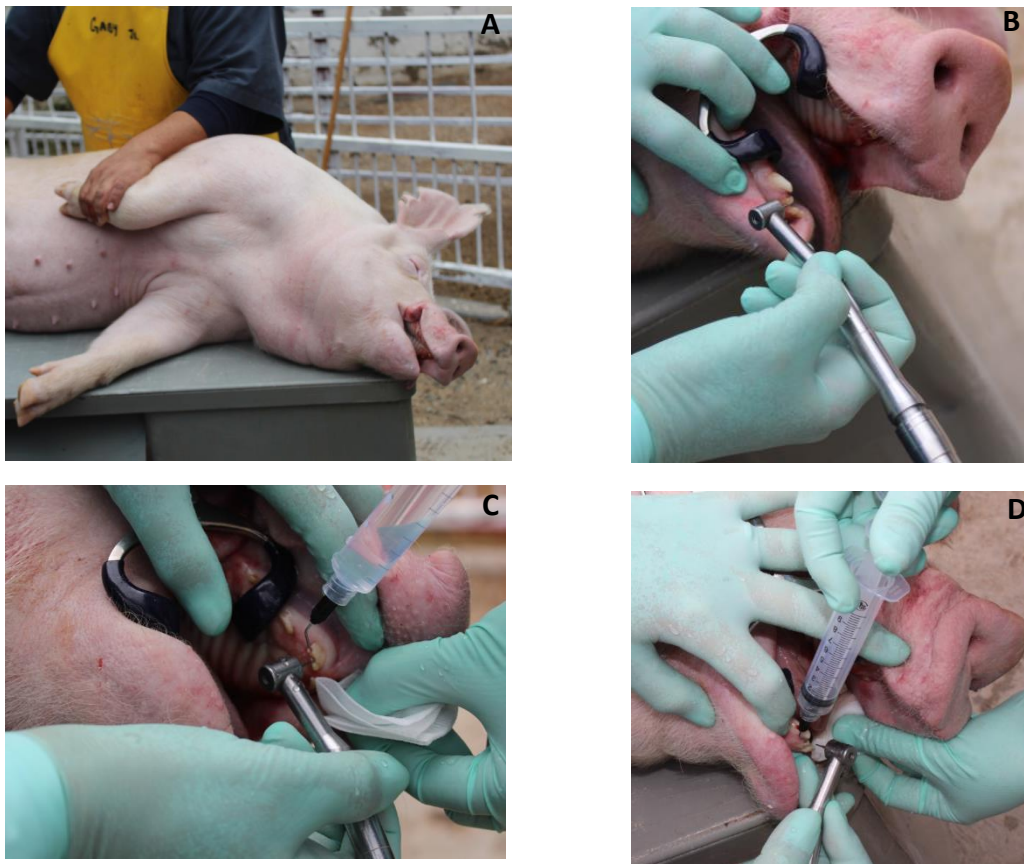


Figura 2. Realización de las cavidades. A) Sedación del cerdo, B) Preparación de las cavidades, C) y D) Irrigación y lavado con cloruro de sodio 0.9 %.

Al terminar la realización de las tres cavidades el siguiente paso consistió en el lavado con solución de cloruro de sodio 0.9% (AMSA, México) mediante una jeringa estéril de 5 ml (BD, EUA) (Figura 2C Y D), el secado de las cavidades se realizó con bolitas de algodón (Richmond, EUA).

El siguiente paso consistió en la colocación de una gota de Cavity Conditioner (GC, Tokio) (Figura 3A) en cada cavidad por 10 segundos con la ayuda de un micro pincel (Microbrush, EUA), posteriormente el lavado de las cavidades con solución de cloruro de sodio al 0.9% (AMSA, México) por 10 segundos cada cavidad (Figura 3B) y secado con bolitas de algodón (Richmond, EUA) (Figura 3C) para evitar deshidratar las cavidades.



Figura 3. Preparación de las cavidades para la colocación del ionómero de vidrio híbrido. A) Ácido poliacrílico concentración 20%, B) Lavado de las cavidades, C) Secado de las cavidades con algodón.

Activación y mezclado de la cápsula de Equia® Forte Fil (Grupo A)

La cápsula de Equia® Forte Fil(GC, Tokio, Japón) fue agitada sobre una superficie dura dos veces antes de comenzar con su activación, se presionó el émbolo rojo de la cápsula sobre una mesa de trabajo hasta que desapareció dentro de la parte gris de la cápsula, posteriormente la cápsula fue colocada en el GC CAPSULE APPLIER y fue presionado el mango una sola vez, inmediatamente se retira la cápsula

del GC CAPSULE APPLIER para colocarlo en el amalgamador (Lorma, CDMX, México) el cual se programó por 10 segundos ($\pm 4,000$ RPM), una vez terminado el ciclo se retiró del amalgamador colocando la cápsula de nuevo en el GC CAPSULE APPLIER, la activación del mango de la pistola fue dos veces y en la tercera activación el material estuvo listo para colocarse (Figuras 4).

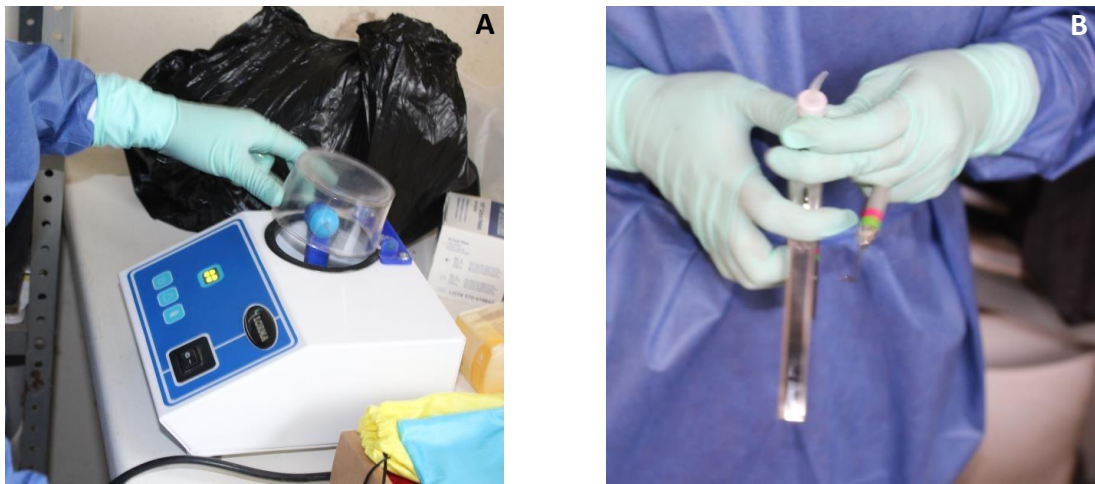


Figura 4. Mezclado y activación del cemento de ionómero de vidrio híbrido. A) Mezclado de la cápsula por 10 segundos, B) Colocación de la cápsula en la pistola.

Colocación del cemento de ionómero de vidrio híbrido en los órganos dentarios

Se dirigió la boquilla hacia la cavidad, una vez colocado el cemento de ionómero de vidrio en la cavidad se condensó con una espátula metálica (TNPF/W3, Hu-friedy, EUA) adosándolo a las paredes de la cavidad (Figuras 5).



Figura 5. Colocación del ionómero de vidrio híbrido.

Recolección de las muestras

Cuatro meses después de la colocación de los ionómeros de vidrio se regresa al Instituto de Ciencias Agrícolas UABC para la recolección de las muestras, para ello la médica veterinaria indujo a un estado de anestesia general a los dos cerdos del Grupo A y B (Figura 6), el cerdo del Grupo A con un peso de 130 kg la sedación fue por medio de Xilacina 3.25ml, Zoletil 2.6 ml y Atropina 5.2mg y el segundo cerdo como Grupo B con un peso de 60 kg le administraron Xilacina 1.2 ml, Zoletil 1.3 ml y Atropina 2.4 mg.



Figura 6. Anestesia general del cerdo Grupo A y B. A) Administración de fármacos, B) Manejo y cuidados de los cerdos por la veterinaria Ana Laura Kinejara Espinoza.

Al estar anestesiado los cerdos, se procedió a cortar un fragmento de la corona que incluyera parte de la restauración de ionómero de vidrio híbrido, esmalte y dentina de aproximadamente 2 x 2 cm por medio de un disco de diamante con un diámetro de 3 cm colocado en un mandril con una longitud de 3.5 cm x 0.5 cm (Hilitand, EUA) y un micromotor (Shenyang, China), este procedimiento se realizó en tres órganos dentarios siguiendo las mismas especificaciones. Una vez obtenidos los fragmentos (Tabla 2) fueron colocados en recipientes de plástico con medidas de 4.1cm x 1.5 cm

(Yosoo, China) en una solución de cloruro de sodio al 0.9% con 3 ml cada recipiente como medio de almacenamiento y fueron rotulados con plumón (Sharpie, EUA) cada recipiente de acuerdo al grupo y número de espécimen que pertenece.

Tabla 2. Relación del grupo, número de espécimen y órgano dental del cerdo		
	Especímenes	Órganos dentarios
Grupo A (ionómero de vidrio híbrido)	1	Incisivo central superior derecho
	2	Incisivo central superior izquierdo
	3	Incisivo lateral inferior derecho
Grupo B (control)	4	Incisivo lateral inferior derecho
	5	Incisivo lateral inferior izquierdo

El segundo cerdo perteneciente al Grupo B (control) se recolectaron dos fragmentos con las mismas especificaciones indicadas previamente, se colocaron y almacenaron en recipientes de plástico con medidas de 4.1 cm x 1.5 cm (Yosso, China), como medio de almacenamiento se depositaron en cloruro de sodio al 0.9% y se le rótulo con plumón como Grupo B espécimen número 4 y 5 en recipientes separados. Al terminar la recolección de las muestras, la médica veterinaria cuidó la recuperación del cerdo e indicó a los cuidadores la aplicación de Megluxin 5 ml cada 24 horas por 3 días a cada cerdo.

Toma de imagen y porcentaje de contenido iónico

Los especímenes se trasladaron al Posgrado de Ingeniería UABC Mexicali para su análisis elemental, para ello se realizó una limpieza de los especímenes con enjuagues de alcohol isopropílico en concentraciones ascendentes de alcohol de 25, 50, 70, 90, 95 y 100 %, se deshidrataron por una semana para posteriormente ser

tomadas las imágenes (Figura 7, 8) con el uso del microscopio electrónico de barrido (SEM Tescan, Vega) con una magnificación x60.

El análisis del contenido iónico se llevó a cabo por medio de espectroscopía dispersiva de Rayos X (EDS), se observó transversalmente cada uno de los especímenes, midiéndose en cinco puntos diferentes (Tabla 3) en cuadros de 0.2 x 0.2 mm, se relacionó el punto con la zona histológica correspondiente de los órganos dentarios permanentes presentes en el humano.

Tabla 3. Relación de los puntos tomados con la espectroscopía dispersa de rayos X y sus zonas histológicas de los órganos dentarios		
Estructura del órgano dental	Puntos	Zona histológica del órgano dental
Esmalte	001	Esmalte cercano a la superficie externa
	002	Esmalte cercano a la unión amelodentinaria
Dentina	003	Dentina del manto
	004	Dentina globular
	005	Dentina circumpulpar

Relación Ca/P

El cálculo de la relación Ca/P y desviación estándar (SD) por sus siglas en inglés. Se realizó tomando los porcentajes de los elementos químicos calcio (Ca) y fósforo (P) de cada grupo mediante el uso de la siguiente fórmula: $Ca(mol) / P(mol)\% = [Ca(\text{peso}\%) / 40.08(\text{g/mol})] / [P(\text{peso}\%) / 30.97(\text{g/mol})]$, considerando que el peso molecular del calcio es 40.08 g y el fósforo 30.97 g.

Grupo A

Los tres especímenes del Grupo A (Figura 7) fueron restaurados con cemento de ionómero de vidrio híbrido (Equia® Forte Fil) mostraron en los tres la presencia de los mismos elementos iónicos que fueron fósforo (P), oxígeno (O), carbono (C), nitrógeno (N), magnesio (Mg), aluminio (Al), silicio (Si) y calcio (Ca), con excepción del espécimen dos (Figura 7B) donde presentó un elemento iónico adicional que fue el estroncio (Sr).

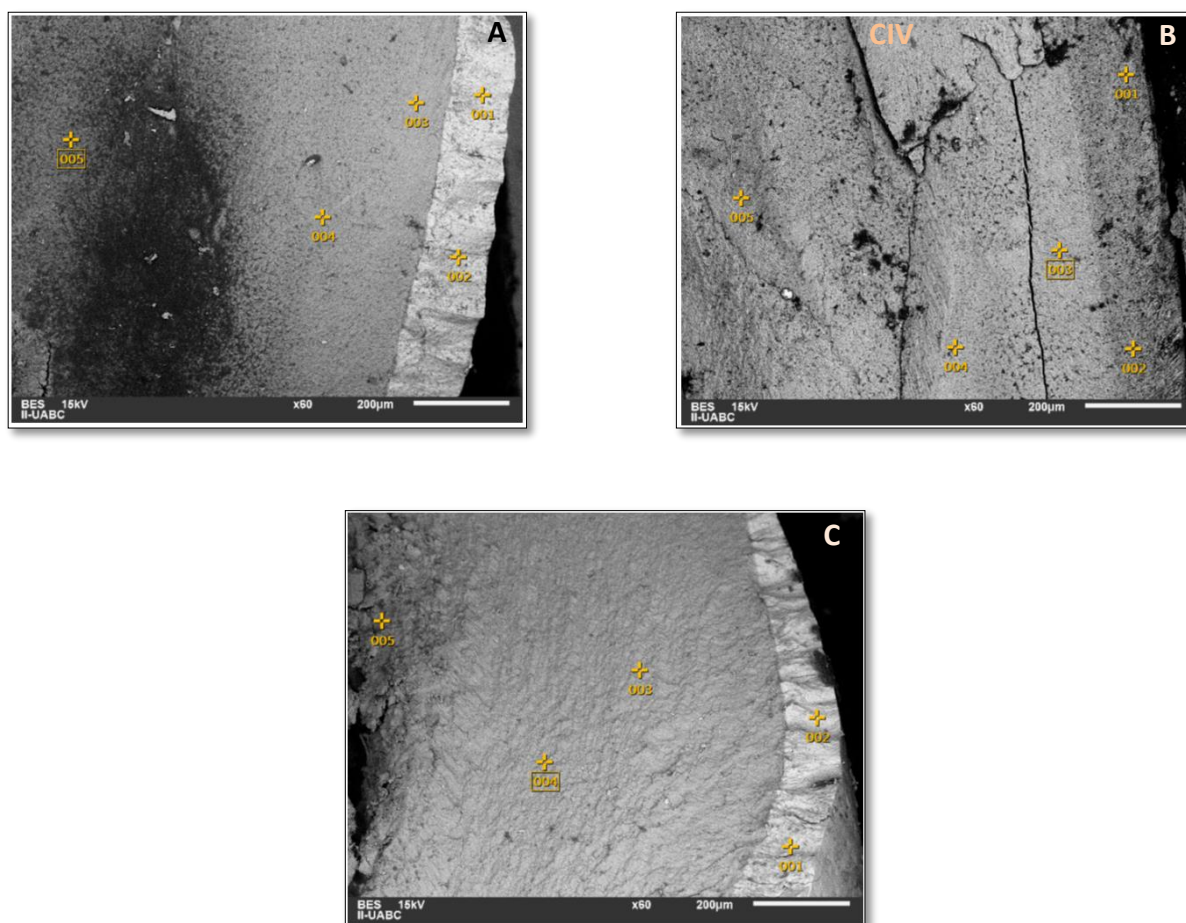


Figura 7. Fotografías obtenidas por microscopio electrónico de barrido (SEM) de los especímenes del Grupo A presentando las cinco zonas tomadas para el análisis químico.

A) Especímen 1, B) Especímen 2, C) Especímen 3.

CIV, cemento de ionómero de vidrio híbrido (Equia® Forte Fil); 001, esmalte cercano a la superficie externa; 002, esmalte cercano a la unión amelodentinaria; 003, dentina del manto; 004, dentina globular; 005, dentina circumpulpar.

Grupo B

El Grupo B (Figura 8) corresponde a dos especímenes del grupo control de un cerdo diferente donde no se le restauró con ningún cemento de ionómero de vidrio. En el análisis químico de los cinco puntos tomados se obtuvieron la misma cantidad de elementos iónicos los cuales fueron fósforo (P), oxígeno (O), carbono (C), nitrógeno (N), magnesio (Mg) y calcio (Ca).

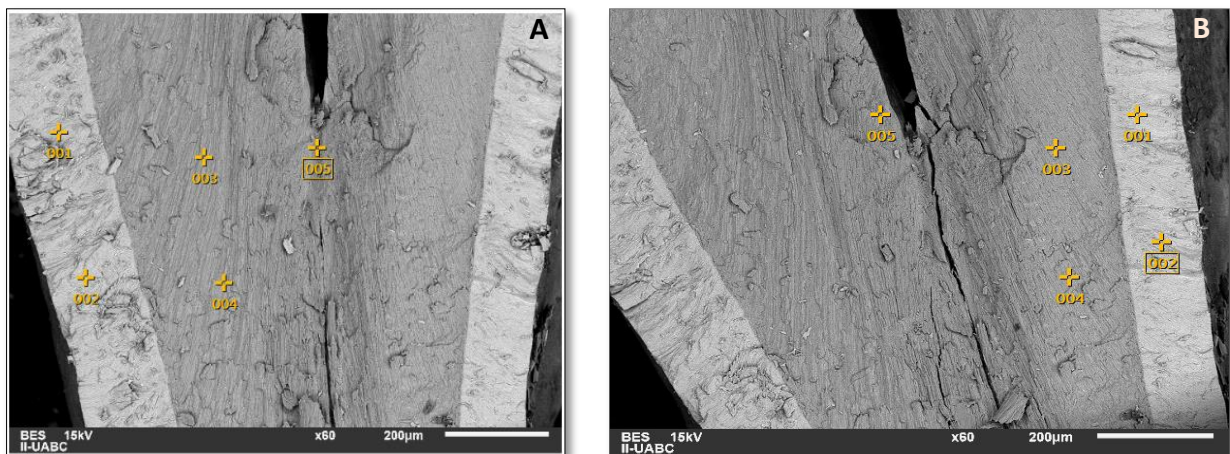


Figura 8. Fotografías obtenidas por microscopía electrónica de barrido (SEM) de los dos especímenes del Grupo B presentando las cinco zonas tomadas para el análisis químico.

A) Espécimen 4, B) Espécimen 5.

001, esmalte cercano a la superficie externa; 002, esmalte cercano a la unión amelodentinaria; 003, dentina del manto; 004, dentina globular; 005, dentina circumpulpar.

Métodos Estadísticos

El análisis estadístico usado fue el programa GraphPad Prism9 a través de ANOVA dos vías y prueba Tukey para el análisis de comparación intergrupos del contenido iónico del Grupo A y B, así como la relación Ca/P obteniendo las Medias, desviación estándar (SD) por su sigla en inglés y el valor de significancia fue determinado como $p < 0.05$.

Resultados

En el presente estudio se obtuvieron cinco fragmentos denominados como especímenes (Tabla 4), compuestos por esmalte y dentina de los órganos dentarios permanentes de cerdos. Tres especímenes conforman el Grupo A y el Grupo B está representado por dos especímenes intactos como control.

Tabla 4. Número de especímenes por cada grupo	
Grupo A (cemento de ionómero de vidrio híbrido)	3 especímenes
Grupo B (control)	2 especímenes

Porcentaje del contenido iónico de los especímenes

La Tabla 5 muestra la Media del Grupo A y Grupo B del porcentaje iónico y desviación estándar (SD) de cada elemento presente en el esmalte y la dentina, además de la comparación de ambos grupos por medio del análisis estadístico.

El elemento fósforo (P) en Grupo B presentó un aumento en la Media de 19.58 ± 2.32 en la dentina globular (punto 004) con un valor de $p=0.02$ en comparación al Grupo A.

El elemento carbono (C) presentó diferencias significativas en el Grupo A en tres zonas diferentes, la primera fue en el esmalte cercano a la unión amelodentinaria (punto 002) con una media de 21.21 ± 13.36 y con un valor de $p=0.03$ en comparación a la misma zona de Grupo B. La segunda zona fue la dentina globular (punto 004) con una media de 25.01 ± 4.50 con un valor de $P 0.02$ en comparación a la misma zona del Grupo B. La tercera zona fue la dentina circumpulpar (punto 005) con una media de 30.42 ± 8.12 con un valor de $P 0.01$ en comparación a la misma zona del Grupo B.

El elemento nitrógeno (N) solo presentó un aumento con diferencias significativas en la zona de la dentina del manto (punto 003) con una media de 1.11 ± 0.14 y un valor de P 0.02 en comparación al Grupo B en la misma zona.

El elemento aluminio (Al) solo se observó su presencia en el Grupo A en todas las zonas con un aumento en la zona del esmalte cercano a la unión amelodentinaria (punto 002) con la Media de 8.23 ± 12.78 y observándose la ausencia en el Grupo B.

El elemento silicio (Si) se presentó solo en el Grupo A con excepción de la zona de la dentina globular (punto 004) donde no se encontró rastros del elemento al igual que tampoco se presentó en el Grupo B.

El elemento calcio (Ca) no presentó diferencias significativas en ninguna de las zonas del Grupo A y B.

El elemento estroncio (Sr) solo se presentó en dos zonas del Grupo A en la zona de la dentina globular (punto 003) con una media de 0.08 ± 0.13 y la zona de la dentina circumpulpar (punto 005) con una media de 0.06 ± 0.11 y ausencia en el Grupo B.

En ninguna de los grupos fue detectado el elemento iónico fluoruro.

Tabla 5. Valor de la media y desviación estándar (SD) del porcentaje iónico (%) del esmalte y dentina de los Grupo A (ionómero de vidrio híbrido) y Grupo B (control)

Zona	grupos	P	O	C	N	Mg	Al	Si	Ca	Sr
		(media ± SD)	(media ± SD)	(media ± SD)	(media ± SD)	(media ± SD)	(media ± SD)	(media ± SD)	(media ± SD)	(media ± SD)
Esmalte	A-001	15.37 ± 1.75	31.81 ± 7.7	16.07 ± 6.82	0.91 ± 0.13	0.62 ± 0.69	3.27 ± 4.93	0.11 ± 0.19	31.81 ± 7.02	0.0 ± 0.0
	B-001	19.18 ± 2.60	36.46 ± 10.92	4.93 ± 0.20	0.65 ± 0.19	0.09 ± 0.08	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	38.68 ± 8.78	0.0 ± 0.0
	A-002	12.62 ± 5.76	23.62 ± 12.46	21.21 ± 13.36*	0.42 ± 0.39	0.98 ± 0.70	8.23 ± 12.78	0.15 ± 0.26	32.76 ± 19.66	0.00 ± 0.00
	B-002	17.38 ± 1.07	41.68 ± 3.92	7.10 ± 0.51	1.06 ± 0.06	0.15 ± 0.04	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	32.59 ± 3.40	0.0 ± 0.0
Dentina	A-003	14.72 ± 1.37	33.96 ± 7.9	20.51 ± 4.60	1.11 ± 0.14*	1.04 ± 0.12	1.23 ± 2	0.003 ± 0.05	27.20 ± 4.15	0.08 ± 0.13
	B-003	14.40 ± 0.74	44.92 ± 0.98	13.25 ± 0.18	0.37 ± 0.55	1.53 ± 0.06	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	24.84 ± 0.37	0.00 ± 0.00
	A-004	11.61 ± 5.91	33.26 ± 13.17	25.01 ± 4.50*	0.58 ± 0.12	2.26 ± 2.69	0.95 ± 1.54	0.00 ± 0.00	26.33 ± 10.81	0.00 ± 0.00
	B-004	19.58 ± 2.32*	29.62 ± 9.15	9.83 ± 1.90	0.35 ± 0.27	1.08 ± 0.24	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	39.52 ± 9.24	0.00 ± 0.00
	A-005	12.98 ± 3.37	31.56 ± 8.16	30.42 ± 8.12*	0.85 ± 0.47	0.63 ± 0.44	0.32 ± 0.07	0.11 ± 0.19	22.90 ± 8.68	0.06 ± 0.11
	B-005	17.70 ± 0.12	35.63 ± 3.41	14.20 ± 1.23	0.56 ± 0.02	1.18 ± 0.20	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	30.71 ± 2.52	0.00 ± 0.00
Valor de p		B-004 p=0.02	NDS	A-002 p=0.03 A-004 p=0.02 A-005 p=0.01	A-003 p=0.02	NDS	NDS	NDS	NDS	NDS

P, fósforo; O, oxígeno; C, carbono; N, nitrógeno; Mg, magnesio; Al, aluminio; Si, sílice; Ca, calcio; Sr, estroncio; A, Grupo A (ionómero de vidrio híbrido); B, Grupo control; 001, esmalte cercano a la superficie externo; 002, esmalte cercano a la unión amelodentinaria; 003, dentina del manto; 004, dentina globular; 005, dentina circumpulpar; NDS, no diferencia significativa; * valor p <0.05

Relación Ca/P

La tabla 6 se observa la relación Ca/P de cada zona del esmalte y dentina del Grupo A (cemento de ionómero de vidrio híbrido) y B (control).

De acuerdo al análisis estadístico comparando el Grupo A y B no hay diferencias significativas en la relación Ca/P.

En el Grupo A la relación Ca/P con un mayor contenido iónico fue en el esmalte cercana a la unión amelodentinaria (zona 002) mientras que en el Grupo B fue en el esmalte cercano a la superficie externa (zona 001).

Tabla 6 .Comparación intergrupos de la relación Ca/P y desviación estándar (SD) por zona					
Estructura dental	Punto (zona histológica)	Grupo A		Grupo B	
		Relación Ca/P \pm SD	Valor de p	Relación Ca/P \pm SD	Valor de p
Esmalte	001	1.58 \pm 0.18	NDS	1.62 \pm 0.13	NDS
	002	1.99 \pm 0.52	NDS	1.40 \pm 0.06	NDS
Dentina	003	1.41 \pm 0.11	NDS	1.30 \pm 0.04	NDS
	004	1.92 \pm 0.70	NDS	1.42 \pm 0.19	NDS
	005	1.33 \pm 0.19	NDS	1.40 \pm 0.11	NDS

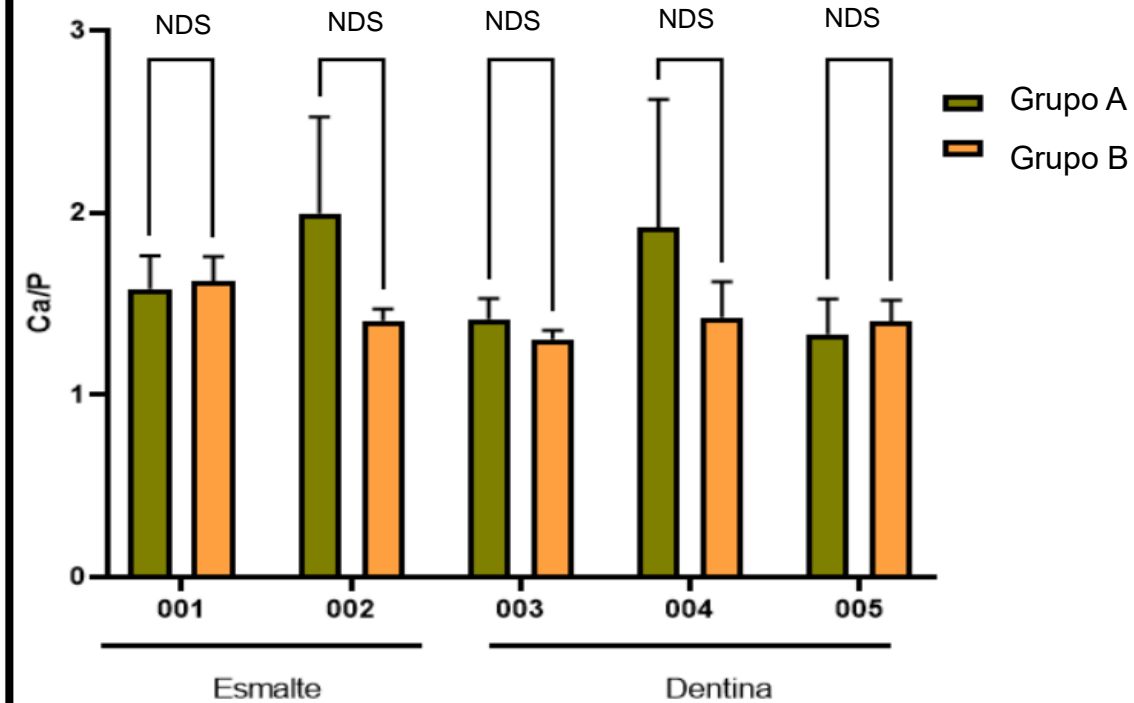
Grupo A (cemento de ionómero de vidrio híbrido); Grupo B, control; 001, esmalte cercano a la superficie externo; 002, esmalte cercano a la unión amelodentinaria; 003, dentina del manto; 004, dentina globular; 005, dentina circumpulpar; NDS, no diferencia significativa.

La Figura 9 muestra que el Grupo A presentó en la zona del esmalte cercano a la unión amelodentinaria (punto 002) y la zona dentina globular (punto 004) el contenido iónico de la relación de Ca/P más alta.

El Grupo B la zona del esmalte cercana a la superficie externa (punto 001) presentó un valor aumentado en la relación Ca/P.

En la comparación intergrupos de cada zona entre el Grupo A y B no hubo diferencias estadísticamente significativas, pero de acuerdo a los valores obtenidos se observó en la relación de Ca/P al Grupo A valores aumentados a diferencia del Grupo B.

Figura 9. Comparación intergrupos de la relación Ca/P



A, Grupo A (ionómero de vidrio híbrido); B, Grupo control; Ca/P, relación del calcio y fósforo; 001, esmalte cercano a la superficie externo; 002, esmalte cercano a la unión amelodentinaria; 003, dentina del manto; 004, dentina globular; 005, dentina circumpulpar; NDS, no diferencia significativa.

Discusión

Los materiales bioactivos presentan como característica su interacción con los diferentes tejidos del órgano dental entre ellos se encuentra los cementos de ionómero de vidrio.¹³ Este estudio in vivo tiene como objetivo determinar la capacidad del intercambio iónico entre el ionómero de vidrio híbrido hacia el esmalte y la dentina de órganos dentarios de cerdos en un periodo de cuatro meses de manera funcional en la cavidad bucal del cerdo.

Los cementos de ionómero de vidrio llevan a cabo reacciones químicas ácido-base provocando un intercambio iónico junto a los tejidos dentales adyacentes, esta reacción provoca la liberación de iones de aluminio, fluoruro, silicio, calcio o estroncio pertenecientes al cemento de ionómero de vidrio además de la liberación de iones de calcio y fosfato presentes en los tejidos mineralizados adyacentes del órgano dental, dando como resultado la formación de una “capa de interface”.^{8,32,39} El análisis químico elemental de este estudio detectó la migración de iones metálicos al esmalte y la dentina, los iones detectados fue el aluminio, silicio y estroncio pertenecientes a los componentes del cemento de ionómero de vidrio híbrido que al compararse con los estudios de Mass y cols¹⁵ reportaron la presencia de los mismos elementos, confirmándose el proceso de intercambio iónico y difusión de los iones del cemento de ionómero de vidrio hacia los tejidos dentales del esmalte y dentina adyacentes a la restauración.

La presencia del fluoruro no se detectó en ninguno de los especímenes del Grupo A, estos resultados difieren con los de Mass y cols¹⁵ donde se observó la presencia de fluoruro solo en el esmalte en una cantidad menor al 0.43% con ausencia en la dentina, resultado debido tal vez al mayor tiempo del estudio de ellos y a la aportación de fluoruro de algunos alimentos.

Los cementos de ionómero de vidrio híbridos pueden presentar un cambio en su composición intercambiando el elemento calcio por estroncio, este elemento presenta como característica inhibir el crecimiento bacteriano, evita el desarrollo de lesiones cariosas secundarias. La presencia del estroncio y el fluoruro mejora el efecto remineralizante e incrementa la resistencia al ataque de los ácidos.^{8,37} En el estudio de Neves y cols¹⁴, así como el de Mass y cols se observó la presencia de los iones de estroncio coincidiendo con el presente estudio, además ellos lo encontraron junto al fluoruro con lo que no se concuerda debido a que en el presente estudio no se identificó.

El elemento químico estroncio se presentó en un espécimen del Grupo A en la zona de la dentina del manto (punto 003) y dentina circumpulpar (punto 005), los porcentajes fueron mayores en comparación al estudio de Mass y cols¹⁴ con la diferencia de que la presencia del estroncio fue en la dentina y en el esmalte. Investigaciones realizadas por Ngo y cols¹⁷ explican que debido a la presencia de zonas desmineralizadas donde existe una disminución de iones de calcio pasan a incorporarse los iones de estroncio, en este estudio in vivo los órganos dentarios no presentaban lesiones cariosas ni tampoco fueron sometidos a procesos de desmineralización por lo que es posible que ésta sea la razón de no haberse observado la presencia de más zonas con depósitos de estroncio y fluoruro.

La relación del contenido de Ca/P no presentó diferencias significativas entre el Grupo A y el Grupo B, la presencia de estos resultados indican que no hubo reducción en los elementos inorgánicos como el calcio y fosfato en ninguna de las zonas debajo de la restauración de cemento de ionómero de vidrio híbrido del Grupo A aun cuando fueron sometidos al proceso de remoción parcial del esmalte y dentina para la realización de la cavidad, por lo que se deduce que el cemento de ionómero

de vidrio híbrido proporciona estabilidad entre la pérdida y ganancia de iones en el órgano dental. El Grupo A presentó homogeneidad en la relación Ca/P tanto en el esmalte como en la dentina en comparación a los resultados del Grupo B, en comparación a los estudios de Chen y cols¹⁶ observaron una relación de Ca/P de 1.9 a los 7 días y 2.3 a los 14 días, en este estudio se obtuvo una relación máxima de 1.99 siendo muy similares al día 7 del estudio.

Khurana,⁵, Schwendicke¹² y Pires¹³ coinciden que los ionómero de vidrio presentan la capacidad de remineralizar, el mecanismo que lleva a cabo es la ganancia mineral mediante la imitación en la función de las proteínas no colágenas presentes en la dentina mediante el ácido poliacrílico que estabiliza al fosfato de calcio amorfo rellenando los espacios de las fibras colágenas desmineralizadas, las investigaciones mencionan que no hay formación de apatita en el interior y alrededor de las fibras de colágeno de la dentina. Por lo que se acepta la hipótesis de trabajo confirmando la ganancia de iones metálicos en el esmalte y dentina adyacente al ionómero de vidrio híbrido presentando un balance en la relación Ca/P.

Conclusiones

1. El esmalte y la dentina presentaron iones pertenecientes al cemento de ionómero de vidrio observándose un intercambio iónico.
2. El cemento de ionómero de vidrio híbrido presentó la capacidad de liberar iones y migrar hacia el esmalte y dentina adyacente a la restauración.
3. La relación Ca/P se mantuvo homogéneamente en el Grupo A presentando equilibrio iónico.

Recomendaciones

Entre las recomendaciones se sugiere que la toma de los especímenes se realice en un tiempo menor de los cuatro meses para disminuir la probabilidad de pérdida del cemento de ionómero de vidrio debido a que los cerdos por naturaleza presentan un desgaste dentario.

La alimentación de los cerdos del ICA es balanceada y llevan un plan nutricional específico, por lo que sería importante incluir esta variable en posibles proyectos posteriores adicionando en su alimentación productos con un contenido alto en azúcares que provoquen una disminución del pH, ya que el pH podría también ser unas de las variables a tomar para observar detalladamente el efecto que presenta el cemento de ionómero de vidrio híbrido y la interacción del esmalte y la dentina ante el descenso.

Caso clínico

Restauración de lesión cariosa profunda con técnica TRA durante la contingencia por COVID-19

Resumen

Introducción: la caries dental es una enfermedad dinámica, mediada por biofilm, modulada por la dieta, de naturaleza multifactorial, no transmisible resultado de la pérdida mineral de la estructura dental. El COVID-19 es una enfermedad que causa neumonía severa, el riesgo de transmisión del virus en la práctica dental puede ser por generación de aerosoles y contacto con saliva o sangre de pacientes sintomáticos o asintomáticos.

Antecedentes: Mathur y cols⁵¹ realizaron un seguimiento a un año de 95 órganos dentarios temporales y permanentes con recubrimientos pulpares indirectos con tres diferentes materiales: hidróxido de calcio, ionómero de vidrio y agregado trióxido mineral, los tres presentaron ganancia mineral de los tejidos adyacentes.

Objetivo: presentar restauración de lesión cariosa profunda mediante técnica TRA durante la contingencia por COVID-19. Caso clínico: paciente femenino de 6.11 años se diagnosticó con lesión cariosa Grupo I grado 2 profunda, pulpitis reversible y desgaste dentario erosivo en #75. Se realizó recubrimiento pulpar indirecto mediante técnica TRA y gel enzimático.

Resultados y evolución: a los 5 meses se observó radiográficamente sombra radiopaca que corresponde al cemento de ionómero de vidrio íntegro, sombra radiolúcida de la pulpa dental sin cambios aparentes, presencia de la longitud total de las raíces, así como sombras radiolúcidas y radiopacas del trabeculado óseo y ligamento periodontal sin cambios. Clínicamente hay ausencia de dolor espontáneo,

sensibilidad a la presión, tracto sinuoso, inflamación o movilidad dental.

Discusión: Mathur, y Hashem observaron ganancia mineral y éxito clínico en los tratamientos, Mass observó un intercambio iónico permitiendo la remineralización de la dentina, este caso clínico al igual que sus estudios presenta la posibilidad de remineralización.

Conclusión: la técnica TRA mediante el gel enzimático disminuye la ansiedad del paciente infantil eliminando el uso de anestesia local, sonido de la pieza de alta velocidad y generación de aerosoles durante la contingencia por COVID-19.

Palabras clave: ionómero de vidrio, recubrimiento pulpar indirecto, remoción selectiva

Abstract

Introduction: tooth decay is a dynamic, biofilm-mediated disease, modulated by diet, multifactorial in nature, not communicable resulting from mineral loss of dental structure. COVID-19 is a disease that causes severe pneumonia, the risk of transmission of the virus in dental practice can be by generating aerosols and contact with saliva or blood from symptomatic or asymptomatic patients.

Background: Mathur and collaborators⁵¹ tracked a year of 95 temporary and permanent tooth organs with indirect pulp coatings with three different materials: calcium hydroxide, glass ionomer and mineral trioxide aggregate, all three presented mineral gain from adjacent tissues. **Objective:** present restoration of deep carious lesion using TRA technique during COVID-19 contingency. Clinical case: 6.11years old female patient was diagnosed with deep carious lesion Group I grade 2, reversible pulpitis and erosive tooth wear in #75. Indirect pulp capping was performed using TRA technique and enzyme gel. **Results and evolution:** at 5 months radiopaque shadow corresponding to integrated glass ionomer cement, radiolucent shadow of the dental pulp was observed unchanged, presence of the total length of the roots, as well as radiolucide and radiopaque shadows of bone trabeculae and periodontal ligament unchanged. Clinically there is no spontaneous pain, pressure sensitivity, winding tract, inflammation or dental mobility. **Discussion:** Mathur, and Hashem observed mineral gain and clinical success in treatments, Mass observed an ion exchange allowing the remineralization of dentin, this clinical case just as his studies presents the possibility of remineralization. **Conclusion:** the TRA technique using the enzyme gel decreases the anxiety of the child patient by eliminating the use of local anesthesia, high-speed part sound and aerosol generation during COVID-19 contingency.

Key words: glass ionomer cement, indirect pulp capping, removal of caries tissues

Introducción

La caries dental es una enfermedad dinámica, mediada por biofilm, modulada por la dieta, de naturaleza multifactorial, no transmisible resultado de la pérdida mineral de la estructura dental. Siendo determinada por factores biológicos, conductuales, psicosociales y ambientales, como consecuencia de este proceso se presenta el desarrollo de las lesiones cariosas. El resultado de la actividad del biofilm es asociado con el desbalance entre la desmineralización y remineralización dirigiendo la liberación de minerales de los tejidos dentales.^{27,29,47}

Las lesiones cariosas se desarrollan en las zonas de estancamiento donde el potencial cariioso de la biopelícula se eleva con subproductos acidogénicos del metabolismo bacteriano, iniciando la desmineralización del esmalte y estimulando las reacciones defensivas en la dentina y la pulpa. Si la desmineralización del esmalte continúa progresando, la dentina será expuesta a la invasión bacteriana llevándola a la desmineralización y eventualmente a la cavitación.³⁰

La respuesta inicial del complejo dentino-pulpar en es una combinación de inflamación y promoción de la mineralización, incrementando la actividad secretoria por parte del odontoblastos formando la dentina terciaria o dentina reaccionaria debajo del área afectada.^{30,47}

Proceso de desmineralización y remineralización

La desmineralización es el resultado de la pérdida de iones de calcio y fosfato por la presencia de ácidos disminuyendo el pH en el medio oral esto relacionado a la ingesta de azúcares. La pérdida de minerales provoca un incremento de porosidades ampliando los espacios entre los cristales del esmalte y suavizando la superficie debido a estas características que adquiere el esmalte facilita a los ácidos su difusión en la estructura dental.^{4,27}

La remineralización consiste en el retorno de iones de calcio y fosfato que se puede llevar a cabo naturalmente por medio de la saliva o por formación de dentina por los odontoblastos creando una nueva superficie. También se puede llevar a cabo la remineralización por medio de agentes externos que contienen fluoruro como son los barnices o cementos de ionómero de vidrio entre otros, de esta forma los iones de fluoruro entran en el tejido desmineralizado y forman cristales de fluorapatita que presentan como característica la resistencia al ataque de los ácidos inhibiendo la desmineralización.^{4,48}

Odontología de mínima invasión

La filosofía de mínima invasión se basa en el concepto de intentar mantener el órgano dentario de manera funcional el mayor tiempo posible, teniendo como objetivo mantener libre de lesiones cariosas siguiendo estas estrategias esto de acuerdo a la propuesta del Dr. Frencken:⁴⁹

- a) Detección temprana de lesiones cariosas y evaluación de riesgo a caries con instrumentos validados.
- b) Remineralización de tejidos dentales desmineralizados como pudiera ser el esmalte y dentina.
- c) Medidas preventivas para lesiones cariosas.
- d) Intervenciones operativas de mínima invasión.
- e) Reparar antes que remplazar la restauración.

Terminología para remoción del tejido cariado

En la descripción clínica de las lesiones cariosas sería ideal relacionar la apariencia visual de la lesión directamente a la situación histopatológica. Existen

varios estudios donde relacionan la apariencia visual de la lesión cariosa con los parámetros de invasión bacteriana, el grado de desmineralización y la consistencia de dentina para el entendimiento del proceso de las lesiones cariosas.⁵⁰

En 2016 Innes y cols realizaron un diagrama (Figura 10) donde enlazaron las representaciones clínicas y táctiles, así como los términos histológicos de una dentina cariada y los parámetros de invasión bacteriana en los túbulos dentinarios.⁵⁰

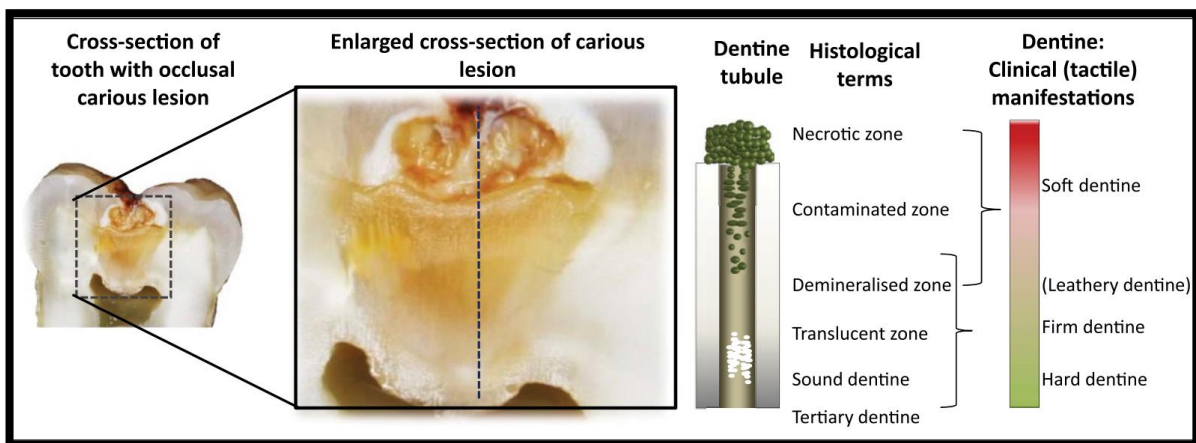


Figura 10. Diagramas de manifestaciones clínicas e histológicas de la dentina con lesión cariosa descrita por Innes y cols.

Este diagrama define táctilmente a los diferentes grados de dentina cariada de acuerdo a Innes y cols:

Dentina suave como la dentina que se deforma cuando es presionada y fácilmente removida con una cucharilla de dentina con una ligera fuerza requerida. En términos histológicos se denomina como zona necrótica y zona contaminada donde se encuentra la mayor cantidad de bacterias dentro de los túbulos dentinarios.^{47,50}

Dentina cuerosa o correosa esta dentina no se deforma con la presión de un instrumento, puede ser removida, pero se necesita una mayor fuerza requerida, siendo la transición entre dentina suave y dentina firme. Histológicamente se

encuentra la dentina desmineralizada con una cantidad mucho menor de bacterias en los túbulos dentinarios.^{47,50}

Dentina firme presenta una resistencia física a la excavación manual y es necesario realizar una presión fuerte a través del instrumento para retirarla, en términos histológicos la dentina se encuentra en una zona translúcida con ausencia de bacterias en el túbulo dentinario.^{47,50}

Dentina dura es necesario una fuerza mucho mayor con la ayuda de un instrumento para alcanzar a esta dentina, solo puede ser removida por medio de fresas debido a su dureza. El sonido característico de esta dentina es denominado como "llanto dentinario" con el uso de la cucharilla cuando se raspa la dentina. Histológicamente presenta una dentina sana o dentina terciaria con ausencia total de bacterias en sus túbulos dentinarios.^{47,5}

La decisión acerca de qué estrategia seguir vendrá acompañada de la pregunta: ¿Cuándo es necesario intervenir restaurativamente? y esta puede ser entendida en dos situaciones como es la presencia de lesiones cariosas no cavitadas el cual permite su limpieza dental adecuada y lesiones cariosas cavitadas.⁴⁷

En las lesiones cariosas no cavitadas en esmalte su manejo puede ser realizado a través de la remoción del biofilm por medio del cepillado mecánico y/o remineralización o la colocación de selladores, siendo estas potencialmente lavables por parte del paciente. El límite entre una lesión lavable y no lavable aún no es claro, pero una característica importante es la presencia de una cavitación franca la cual

puede ser considerada como una lesión no lavable, en estos casos será necesario la intervención restaurativa.⁴⁷

Para las intervenciones restaurativas y remoción del tejido cariado Schewendicke y cols⁴⁷ en 2016 sugiere algunos principios:

- Preservar dentina desmineralizada que es capaz de remineralizarse.
- Sellado periférico de la restauración adecuada inactivando el remanente de bacterias.
- Evitar molestias y/o ansiedad por parte del paciente.
- Mantener la salud pulpar preservando la dentina residual (evitando innecesariamente la irritación pulpar y previniendo una exposición pulpar (dejando dentina suave próxima a la pulpa dental si es requerido).
- Para maximizar la longevidad de la restauración se removerá la suficiente dentina suave en el piso pulpar, pero en las paredes periféricas se llegará hasta dentina sana para que la restauración que sea colocada aumente su adherencia y resistencia.

Manejo de lesiones cariosas superficiales, moderadas y profundas

El objetivo principal del manejo de las lesiones cariosas superficiales o moderadas es preservar la longevidad de la restauración. Mientras en órganos dentarios con pulpas vitales sin sintomatología o signos patológicos, pero con presencia de lesiones cariosas profundas que radiográficamente están cercanas a la pulpa dental de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{3}$ de la dentina o riesgo a comunicación pulpar el objetivo principal es preservar la pulpa.⁷

Recubrimiento pulpar indirecto

El tratamiento de las lesiones cariosas profundas cercanas a la pulpa dental sin síntomas o signos de degeneración pulpar siempre ha sido un reto. El tratamiento recomendado son los recubrimientos pulpares indirectos esta técnica se basa en la ideología que la pulpa dental posee la habilidad de formar dentina terciaria como parte de la reparación del complejo dentino-pulpar. El objetivo del recubrimiento pulpar indirecto es arrestar la lesión cariosa en dentina desmineralizada con la promoción de la dentina esclerótica, estimulación de la dentina reparativa y la preservación de la vitalidad pulpar.⁴⁷ El material usado como el Gold standard ha sido el hidróxido de calcio descrito por Zander en 1939, el cual permite la formación de dentina reparativa a través de la diferenciación celular, secreción extracelular de la matriz y como resultado la mineralización. El hidróxido de calcio presenta varias desventajas, como es la desintegración gradual y formación de túneles en la nueva dentina formada que ha sido observado en el seguimiento por largo tiempo. Esto ha llevado al uso de otros materiales como son los cementos de ionómero de vidrio y más recientemente el agregado trióxido mineral (MTA).⁵²

Los tejidos remineralizados forman una delgada estructura de dentina que provee una adecuada protección a la pulpa dental. El grosor y el tipo de tejido formado sólo puede ser determinado con estudios histológicos, siendo esto una desventaja en estudios in vivo solo siendo posible hasta que el órgano dentario en este caso temporal sea extraído por patología pulpar, periapical, trauma o exfoliación. Por lo que el seguimiento radiográfico es una opción para observar la formación de la barrera dentinaria remineralizada.⁵¹

Antecedentes

2019, Hashem y cols en Inglaterra realizaron una evaluación del cemento de silicato de calcio y el cemento de ionómero de vidrio en tratamientos de recubrimiento pulpar indirecto en 62 órganos dentarios permanentes en un periodo de dos años. Los resultados y conclusiones fueron que tanto el cemento de silicato de calcio y el cemento de ionómero de vidrio fueron efectivos clínicamente.⁵³

2017, Mass y cols en Israel realizaron un estudio retrospectivo en 16 órganos dentarios temporales exfoliados que estuvieron en la cavidad bucal de manera funcional en una media de tiempo de 3.8 años, se evaluó el efecto del esmalte y dentina adyacente a las restauraciones de amalgama, compómero y cementos de ionómero de vidrio. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los elementos químicos orgánicos e inorgánicos sobre todo en el ionómero de vidrio el cual presentó fluoruro en una mayor cantidad en comparación al compómero y la presencia del estroncio que ayuda en la remineralización.¹⁵

2016, Mathur y cols en la India realizaron un estudio longitudinal en 109 órganos dentales divididos en 57 segundos molares inferiores temporales y 52 primeros molares permanentes entre niños de 7 a 12 años con un seguimiento de un año con una evaluación clínica, radiográfica y 3D con el uso de Cone-Beam Tomografía Computarizada (CBCT) registrado a las 8 semanas, 6 meses y al año. Se dividieron en tres grupos donde se colocaron hidróxido de calcio, cemento de ionómero de vidrio y agregado trióxido mineral (MTA). Los resultados indicaron que después del año de seguimiento solo quedaron 95 órganos dentarios para su evaluación, de un total de 31 órganos dentarios que se les colocó hidróxido de calcio

solo uno presento absceso al octavo mes y otro más dolor a los 11 meses de evolución, en el grupo del cemento de ionómero de vidrio de un total de 33 órganos dentarios solo uno presento absceso al octavo mes y en el grupo de los pacientes tratados con MTA de un total de 31 órganos dentarios obtuvieron el 100% de éxito. El grosor de la dentina formada en todos los grupos fue de 0.5 mm al año, mientras la radiodensidad de la barrera dentinaria incremento a los 6 meses en los tres grupos esto significa que el puente dentinario se remineralizo entre la unión dentino-pulpar siendo mayor en el grupo de MTA y el de cemento de ionómero de vidrio en comparación con el hidróxido de calcio.⁵¹

Tratamiento restaurativo atraumático

El tratamiento restaurador atraumático por sus siglas TRA es definido como una intervención de mínima invasión el cual tiene dos objetivos, el primero es prevenir el desarrollo de las lesiones cariosas y la progresión dentro de la dentina. El segundo es restaurar la dentina cariada de una forma mínimamente invasiva. En el tratamiento restaurador atraumático la eliminación de la dentina suave y contaminada se realiza con instrumentos manuales y el material para obturar es el cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad.

En estudios de evaluación de la técnica TRA y los cementos de ionómero de vidrio de alta viscosidad en seguimientos de 2 a 5 años los resultados de supervivencia son iguales o mayores en comparación a las restauraciones con resina.⁴⁹

Cementos de ionómero de vidrio

Los cementos de ionómero de vidrio son ampliamente usados en la odontología, gracias a sus ventajas sobre otros materiales restauradores como son: la adhesión química, biocompatibilidad, efecto antibacteriano, estabilidad dimensional y acción remineralizante con su liberación de fluoruro sobre los tejidos dentales siendo esta una de las características más importantes.^{8,9}

Los cementos de ionómero de vidrio fueron desarrollados y patentados en 1969 por Wilson y Kent en el Laboratorio de Química del Gobierno Inglés, como resultado de numerosos estudios e intentos por mejorar el cemento de silicato. Los primeros resultados de la investigación fueron publicados en 1972 en el British Dental Journal bajo el título de "Un nuevo cemento translúcido". Mientras que el primer ionómero de vidrio fue comercializado en Europa hacia 1976 con el nombre de ASPA. Y a principios de 1977, fue introducido en Estados Unidos y en los países latinoamericanos hacia finales de la década de los 70s.^{8,34}

Adhesión química

El ionómero de vidrio convencional puede estar compuesto de una solución acuosa de ácido polialquenoico, ácido poliacrílico o ácido maléico, que reacciona con un componente polvo de fluoruro-aluminio (AlF_3), entre otros componentes como el dióxido de silicio (SiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3), fluoruro de calcio (CaF_2), fluoruro sódico (NaAlF_6) y fosfato de aluminio (AlPO_4). Clínicamente es mezclado el líquido y el polvo hasta formar una pasta que gradualmente va endureciendo por la reacción ácido-base. El ácido ataca al vidrio causando que se liberen los iones de Ca^{2+} y Al^{3+} , estos iones metálicos junto con la neutralización de las moléculas polialquenoicas

provocan que endurezca el cemento. Esto toma de 2-6 minutos desde el mezclado.

El cemento aún continuo fresco y es susceptible al agua a través de su superficie exterior inmadura que podría llevar al desarrollo de microfracturas, por lo que se sugiere la colocación de una capa de gel de petrolato o un barniz preventivo fotocurable.^{24,32}

Ketac Universal™

Es un ionómero de vidrio restaurador de alta viscosidad, autopolimerizable, que ofrece una resistencia mayor a la compresión y dureza, con una liberación de fluoruro durante dos años de acuerdo al fabricante y que disminuye los tiempos para su colocación.⁵⁴

Las instrucciones para su mezcla son:

1. Agitar el frasco de polvo para que sus componentes se mezclen.
2. Tomar una cucharada rasa de polvo utilizando el raspador y colocarlo en el bloque de papel. La relación de la mezcla es 1 de polvo por 1 gota de líquido.
3. Colocación de una gota de líquido esto se realiza con la botella en posición vertical vertiéndose sobre el bloque de papel.
4. Una vez obtenido el polvo y el líquido sobre el bloque, el polvo se divide en un montículo de dos y el primer paso consiste en romper la tensión superficial del líquido con la espátula de metal, iniciando así la transferencia del polvo hacia el líquido solo colocando la mitad del montículo para que este se hidrate, una vez mojado el polvo se incorpora la última porción de polvo y se extendiendo la mezcla repetitivamente hasta que tenga una consistencia homogénea el tiempo de mezclado es de 45 segundos, este debe ser lo más

exacta posible para que la reacción química ácido-base se lleve a cabo adecuadamente, así como sus características mecánicas del ionómero. El tiempo de trabajo es de 2 minutos 55 segundos, desde el inicio de la mezcla hasta su endurecimiento, este ionómero de vidrio tiene la ventaja que puede ser opcional el preparar o no la superficie dentinaria con ácido poliacrílico.

5. Transporte del cemento hacia la cavidad en varias porciones con la ayuda de la espátula de metal para llenar la cavidad hasta los bordes marginales.
6. Adosamiento de los márgenes con una espátula.
7. Dejar que fragüe por 2 minutos.

Atención odontológica y COVID-19

El COVID-19 es causado por el SARS-CoV-2 perteneciente a la familia de los coronavirus. Entre las manifestaciones clínicas se encuentra tos seca, dificultad para respirar, dolor de garganta, dolor de pecho, dolor de cabeza, mialgia, síntomas gastrointestinales, neumonía, disfunción multiorgánica y la muerte, pero puede también ser asintomático el paciente. Las manifestaciones orales de esta enfermedad que puede presentarse son la pérdida del sabor (ageusia) o alteración del sabor (disgeusia).⁵⁴ El principal receptor celular del virus SARS-Cov-2 es la enzima convertidora de angiotensina II que se expresa en la mucosa de la cavidad oral y en las células de la lengua y glándulas salivales.^{55,56} La principal ruta de transmisión es la inhalación de gotas o aerosoles y por el contacto con la mucosa oral, nasal y membranas oculares de personas infectadas.^{54,55}

La profesión odontológica es uno de los personales de salud que presentan un alto riesgo de exposición y transmisión de este virus. Por lo que ha surgido o reforzado

medidas alternativas para proveer el servicio dental a pacientes con urgencias dentales como es la teleodontología, uso de equipo de protección especializado, enjuagues bucales a todos los pacientes antes de la revisión o realización de algún procedimiento, uso de dique de hule y evitar el uso de ultrasonido, jeringa triple, pieza de alta velocidad y succión de alto volumen cuando sea posible.⁵⁶ En la práctica odontológica es normal el uso de instrumentos rotatorios que crean una gran cantidad de aerosoles que pueden contener agua, saliva, sangre y microorganismos, por lo que se recomienda disminuir su uso.⁵⁶

Existen técnicas que se pueden llevar a cabo incluyendo todas estas medidas de seguridad además de ser rápidas disminuyendo la ansiedad del paciente infantil en el sillón dental. La técnica TRA y técnica Hall son métodos bajo evidencia científica que permiten el sellado de lesiones cariosas sin el uso de instrumentos que generan aerosoles siendo una de las opciones a elegir para el tratamiento de pacientes infantiles durante la pandemia por COVID-19.^{49,57}

Objetivo del caso clínico

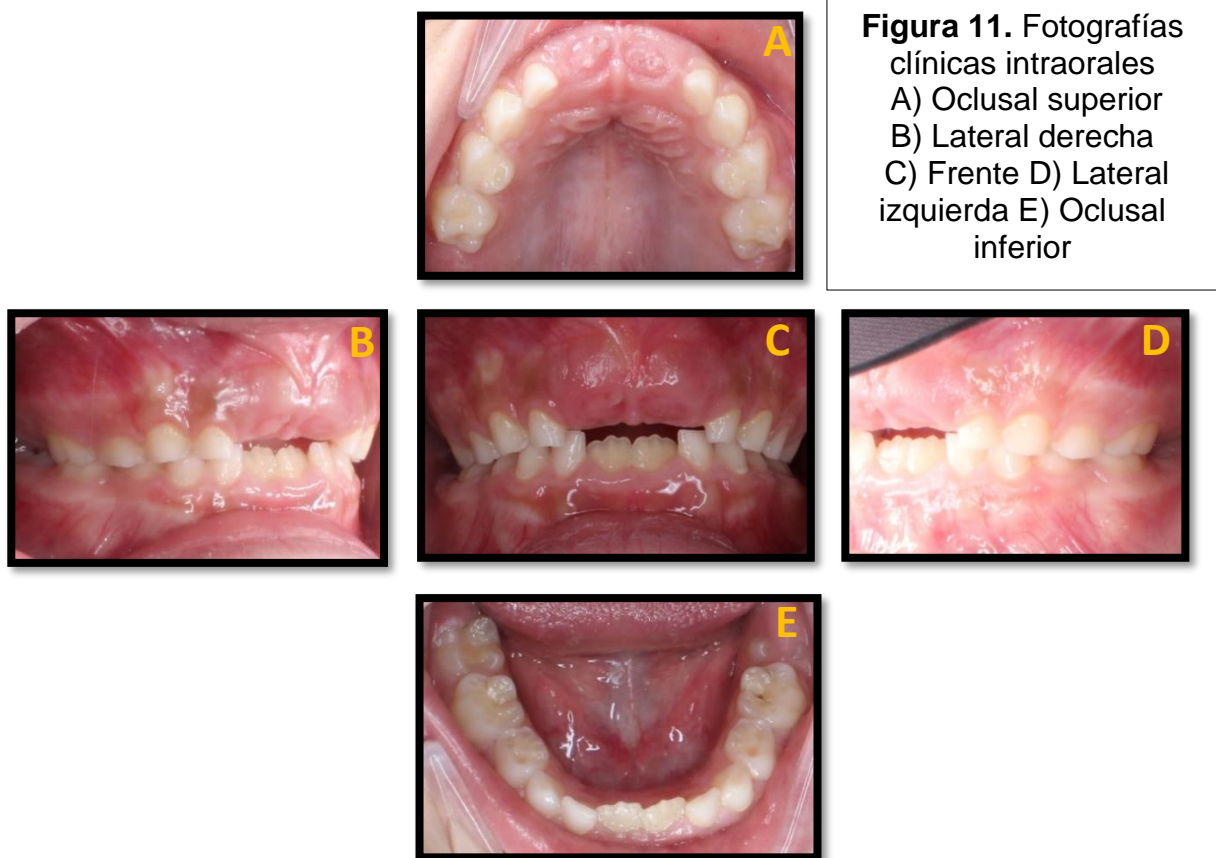
El objetivo es presentar el diagnóstico, plan de tratamiento y restauración de una lesión cariosa profunda con el uso de un ionómero de vidrio de alta viscosidad mediante la técnica TRA y remoción selectiva de la dentina cariada con ayuda de un agente químico-mecánico.

Descripción del caso clínico

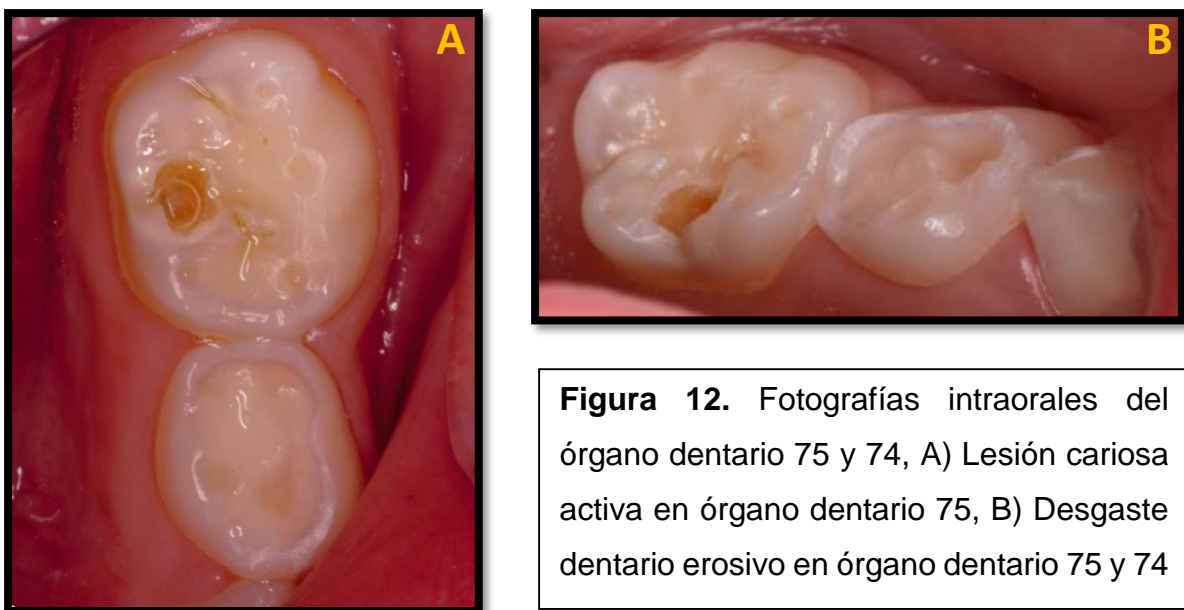
Paciente femenino de 6.11 años de edad fue llevada por su madre a la clínica de la especialidad en Odontología Pediátrica de la Universidad Autónoma de Baja California en el mes de noviembre de 2021 durante la contingencia por COVID-19, sin

antecedentes odontológicos previos. Durante la realización de la historia clínica la madre mencionó que la paciente presentó episodios esporádicos de alergia a los cambios de estación, refirió no estar recibiendo tratamiento médico, el motivo de la consulta dental fue: “se le mueven los dientes de enfrente y no se logran caer por sí solos.”

En la exploración clínica intraoral (Figura 11) se observó la forma de los arcos ovalados tanto superior como inferior, frenillos labiales superior e inferior bien insertados, piso de boca sin datos patológicos, surcos vestibulares y periodonto de color rosa, el paladar presentó de rugas palatinas bien definidas, la línea media coincide la inferior con la superior, se encontró en estadio clínico 3, edad dental 6 años y edad cronológica de 6 años y la presencia de 19 órganos dentarios. y presentó en algunos órganos dentarios lesiones cariosas y desgaste dentario erosivo.



Se tomó con mayor importancia la presencia de una lesión cariosa activa, abierta con exposición de la dentina a la cavidad oral, situada en la cara oclusal del órgano dentario 75, (Figura 12 A-B) la paciente y la madre mencionaron no presentar ninguna sintomatología, clínicamente se observó un periodonto de color rosa coral, adherido al órgano dental, con ausencia de inflamación, movilidad o trayecto sinuoso. Se realizó prueba de vitalidad pulpar térmica con el diclorodifluometano denominado por su nombre comercial Endo Ice (Coltene, EUA), en la cual primero se colocó en una torunda y se llevó a la superficie vestibular del órgano dentario 73 presentando una respuesta positiva de corta duración y después se repitió el mismo proceso al órgano dentario 75 dando una respuesta positiva que desaparecía a los minutos, el órgano dentario 74 se observó la presencia de desgaste dentario erosivo en su superficie oclusal.



En la imagen radiográfica periapical se observó al órgano dentario 75 con sombra radiolúcida que abarca esmalte y dentina que corresponde a la lesión cariosa, las raíces presentan la totalidad de su longitud, existen sombras radiolúcidas y

radiopacas bien delimitadas que corresponden a la pulpa dental, al trabeculado óseo y al espacio del ligamento periodontal (Figura 13 A). En la imagen radiográfica de aleta de mordida se observó al órgano dentario 75 con sombra radiolúcida por oclusal que abarca esmalte y dentina en 2/3 de su espesor que corresponde a la lesión cariosa y debajo de ella una franja delgada radiopaca que corresponde a la dentina. También presentó sombras radiolúcidas que abarcan esmalte por distal del órgano dentarios 64 y mesial del 65 que corresponden a lesiones cariosas (Figura 13 B).



Figura 13. Imágenes radiográficas A) periapical B) aleta de mordida

El diagnóstico del órgano dentario 75 fue lesión cariosa Grupo I grado 2 profunda y desgaste dentario erosivo, con un diagnóstico pulpar de pulpitis reversible y el diagnóstico periapical son tejidos apicales normales, el plan de tratamiento fue recubrimiento pulpar indirecto con el uso de un cemento de ionómero de vidrio Ketac Universal™.

Para el procedimiento se decidió realizarlo por medio de la Técnica de Restauración Atraumática y con la ayuda del gel enzimático a base de papaína (Brix 3000[®], Medical Science, Argentina) para la remoción química-mecánica de la dentina necrótica y contaminada. Como primer paso consistió en colocar el dique de hule (Nictone mediano 6" x 6", MDC dental, México), con la ayuda de una grapa atraumática (Soft clamp, Kerr, Suiza) no se colocó anestesia local (Figura 14 A), se aplicó el gel de papaína con la ayuda una pequeña torunda de algodón y pinzas de curación sobre la cavidad, (Figura 14 B, C) se dejó actuar el gel por 2 minutos (Figura 14 D).

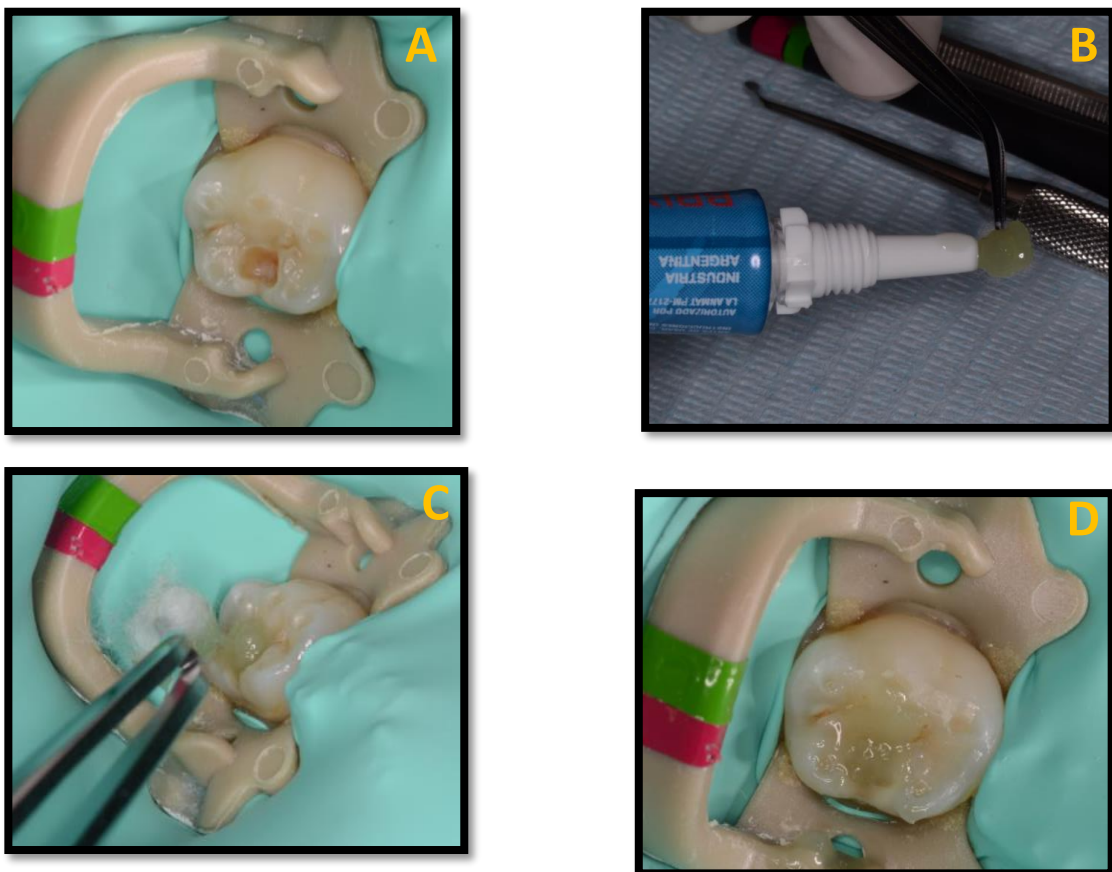


Figura 14. Procedimiento. A) Colocación de dique de hule, B) Aplicación del gel enzimático a base de papaína, C) Colocación del gel en la lesión cariosa, D) Activación por 2 minutos.

Posteriormente se procedió a retirar el gel junto con la dentina necrótica y contaminada por medio de una cucharilla de dentina (18 W, Hu-friedy, EUA) con movimientos pendulares sin presión, (Figura 15 E) se verificó la consistencia de la dentina basándose en el diagrama de manifestaciones táctiles de la dentina propuesta por Innes¹⁵ y colaboradores, en la cual menciona que la dentina desmineralizada se observa cueruda o correosa para ello se volvió a repetir el paso con una segunda aplicación del gel y uso de la cucharilla de dentina hasta sentir esta consistencia antes mencionada terminando así la remoción selectiva (Figura 15 F).

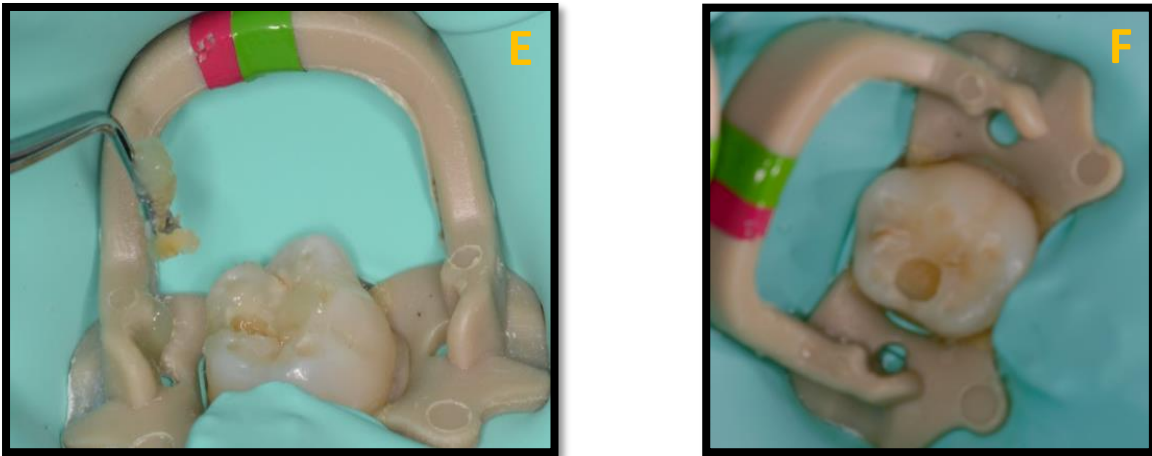


Figura 15. Remoción selectiva de dentina. E) selección de la suave con cucharilla, F) Finalización de la remoción selectiva.

La cavidad se lavó con solución salina al 0.9% (AMSA Laboratorios, México), el siguiente paso consistió en secar con una torunda de algodón, para posteriormente mezclar y colocar de acuerdo a las instrucciones del fabricante el cemento de ionómero de vidrio (Ketac universal TM, 3M, Japón) (Figura 16G, H).

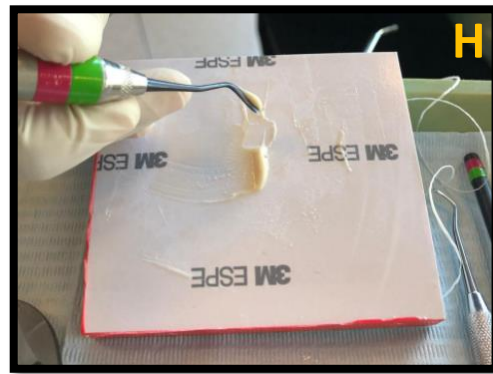


Figura 16. Mezclado del cemento de ionómero de vidrio. G) unión del polvo al líquido, H) cemento listo para colocarse en la cavidad

Se adosó a los márgenes de la cavidad con espátula de resina (W3, Hu-friedy, EUA) y la espera fue de 2 minutos para su endurecimiento (Figura 17 I, J).



Figura 17. Colocación del cemento de ionómero de vidrio. I) adosamiento del ionómero de vidrio a las paredes de la cavidad J) finalización y espera del fraguado por 2 minutos.

Toma de radiografía de aleta de mordida postoperatoria (Figura 18) en la cual se observó una sombra radiopaca intensa que corresponde al cemento de ionómero unido a las paredes de la esmalte y dentina.

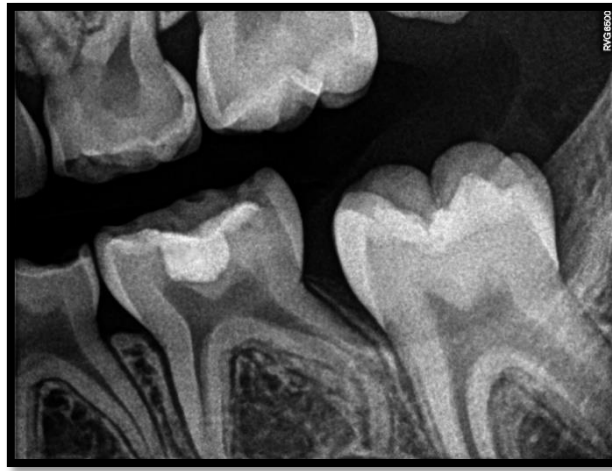
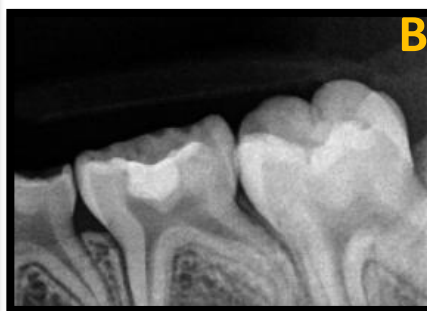


Figura 18. Radiografía posoperatoria inmediata.
Seguimiento

En el seguimiento después de cinco meses de la realización del recubrimiento pulpar indirecto, radiográficamente (Figura 19 A, B) se observa en el órgano dentario 75 una sombra radiopaca intensa que corresponde al cemento de ionómero de vidrio unido a las paredes del esmalte y la dentina, sombra radiolúcida correspondiente a la pulpa dental sin cambios aparentes, presencia de la longitud total de las raíces, así como sombras radiolúcidas y radiopacas que corresponden al trabeculado óseo y espacio del ligamento periodontal. Clínicamente (Figura 19 C) hay ausencia de dolor espontáneo, sensibilidad a la presión, ausencia de tracto sinuoso, inflamación o movilidad dental.



Figura 19. Seguimiento por cinco meses postoperatorio. A) Radiografía aleta de mordida B) Radiografía periapical. Sombras radiolúcidas y radiopacas correspondiente a las estructuras anatómicas sin datos patológicos, C) Fotografía intraoral del órgano dentario 75 colocación del cemento de ionómero de vidrio



Al séptimo mes posoperatorio (Figura 20) se evaluó radiográficamente la situación del órgano dentario 75 observándose sombra radiopaca intensa que corresponde al cemento de ionómero de vidrio unido a las paredes de la cavidad sin pérdida del material, sombra radiolúcida correspondiente a la cámara pulpa sin alteraciones, el espacio del ligamento periodontal y trabeculado óseo presentan sombra radiolúcida bien definidas, raíces con la misma longitud sin presencia de reabsorciones patológicas. Clínicamente hay ausencia de inflamación, movilidad, dolor espontáneo, tracto sinuoso o sensibilidad a la presión.

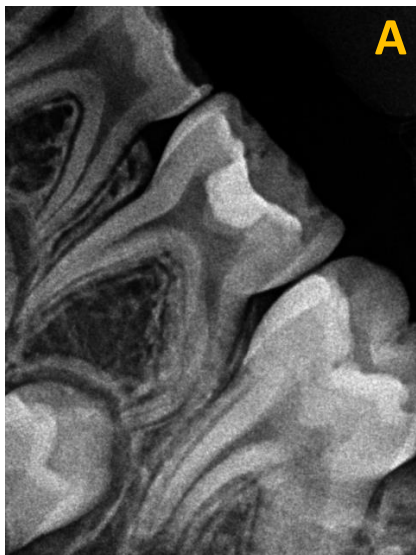
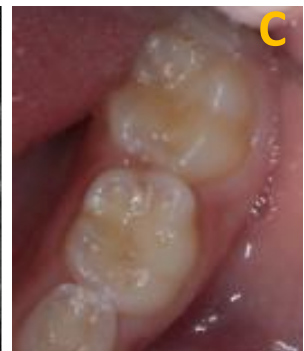
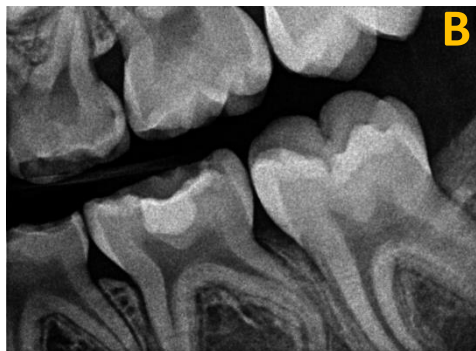


Figura 20. Seguimiento siete meses postoperatorios. A) Radiografía periapical sin cambios patológicos, B) Radiografía aleta de mordida, C) Fotografía clínica ausencia de fistula, movilidad o dolor espontáneo.



Discusión

Los ionómeros de vidrio son cementos bioactivos que presentan varias características deseables, pero sobre todo la liberación de fluoruro que aún en medios ácidos son capaces de seguir interactuando e incrementar el pH externo del medio.³² Estudios in vitro han demostrado que existe un intercambio iónico entre los cementos de ionómero de vidrio y la dentina desmineralizada, presentando una dentina hipermineralizada.¹⁷ De acuerdo a los estudios realizados por Mass y colaboradores ellos observaron que si existe un intercambio iónico entre los elementos químicos de los tejidos dentales adyacentes al cemento de ionómero de vidrio y también existía una menor pérdida de sus componentes inorgánicos en comparación a la restauración de amalgama.¹⁵ Mathur y colaboradores observaron un incremento en el grosor de la dentina que se encontraba debajo de los materiales usados para el recubrimiento dental observándose en todos los grupos una ganancia mineral, mientras que Hashem y cols en su estudio no mostró diferencias significativas con el uso de los cementos de silicato de calcio y los cementos de ionómero de vidrio en recubrimientos pulpares indirectos.^{51,53}

Conclusiones

Los cementos de ionómero de vidrio son materiales bioactivos que puede usarse en diversos tratamientos dentales, pero sobre todo una de las características más importante es la interacción que presenta con los elementos químicos del esmalte y la dentina, en el presente caso los beneficios que se observaron con la utilización de la técnica TRA y el uso de agentes enzimáticos es la disminución de la generación de aerosoles sobre todo ante la contingencia por COVID-19 además de la conservación del tejido dental con capacidad de remineralización por medio de técnicas no invasivas mejorando la conducta del paciente infantil durante la atención dental.

Referencias Bibliográficas

1. Lacruz RS, Habelitz S, Wright JT, Paine ML. Dental enamel formation and implications for oral health and disease. *Physiol Rev.* 2017;97(3):939–93.
2. Soares LES, Melo TMTC, de Sá Brandim A, de Oliveira IR. Chemical and morphological evaluation of enamel and dentin near cavities restored with conventional and zirconia modified glass ionomer subjected to erosion-abrasion. *Microsc Res Tech.* 2019;82(7):1114–26.
3. Zavgorodniy A V., Rohanizadeh R, Swain M V. Ultrastructure of dentine carious lesions. *Arch Oral Biol.* 2008;53(2):124–32.
4. Pitts NB, Zero DT, Marsh PD, Ekstrand K, Weintraub JA, Ramos-Gomez F, et al. Dental caries. *Nat Rev Dis Prim.* 2017;3(May):1–16.
5. Khurana S, Gehlot PM, Hegde U. Surface Nanohardness of Normal and Fluorosed Enamel Adjacent to Restorative Materials: An In Vitro Study and Polarized Light Microscopy Analysis. *J Contemp Dent Pract.* 2020;21(9):1034–41.
6. Salman NR, EITekeya M, Bakry N, Omar SS, El Tantawi M. Comparison of remineralization by fluoride varnishes with and without casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate in primary teeth. *Acta Odontol Scand.* 2019;77(1):9–14.

7. Pinto de Souza SCT, Araújo KC de, Barbosa JR, Cancio V, Rocha AA, Tostes MA. Effect of dentifrice containing fTCP, CPP-ACP and fluoride in the prevention of enamel demineralization. *Acta Odontol Scand.* 2018;76(3):188–94.
8. Nicholson JW. Adhesion of glass-ionomer cements to teeth: A review. *Int J Adhes Adhes.* 2016;69:33–8.
9. Najeeb S, Khurshid Z, Zafar MS, Khan AS, Zohaib S, Martí JMN, et al. Modifications in glass ionomer cements: Nano-sized fillers and bioactive nanoceramics. *Int J Mol Sci.* 2016;17(7):1-14.
10. Pucinelli CM, Da Silva RAB, Borges LL, Borges AT do N, Nelson-Filho P, Consolaro A, et al. Tissue response after subcutaneous implantation of different glass ionomer-based cements. *Braz Dent J.* 2019;30(6):599–606.
11. Brzović Rajić V, Miletić I, Gurgan S, Peroš K, Verzak Ž, Ivanišević Malčić A. Fluoride Release from Glass Ionomer with Nano Filled Coat and Varnish. *Acta Stomatol Croat.* 2018;52(4):307–13.
12. Schwendicke F, Al-Abdi A, Pascual Moscardó A, Ferrando Cascales A, Sauro S. Remineralization effects of conventional and experimental ion-releasing materials in chemically or bacterially-induced dentin caries lesions. *Dent Mater.* 2019;35(5):772–9.

13. Pires PM, Santos TP, Fonseca-Gonçalves A, Pithon MM, Lopes RT, Neves AA. Mineral density in carious dentine after treatment with calcium silicates and polyacrylic acid-based cements. *Int Endod J.* 2018;51(11):1292–300.
14. Neves AB, Bergstrom TG, Fonseca-Gonçalves A, dos Santos TMP, Lopes RT, de Almeida Neves A. Mineral density changes in bovine carious dentin after treatment with bioactive dental cements: a comparative micro-CT study. *Clin Oral Investig.* 2019;23(4):1865–70.
15. Mass E, Hassan A, Cohen O, Zilberman U. Long-term in-vivo effect of various restorative materials on enamel and dentin of primary molars. *Quintessence Int.* 2017;48(8):633–8.
16. Chen S, Cai Y, Engqvist H, Xia W. Enhanced bioactivity of glass ionomer cement by incorporating calcium silicates. *Biomater.* 2016;6(2159–2535):e1123842.
17. Ngo HC, Mount G, Mc Intyre J, Tuisuva J, Von Doussa RJ. Chemical exchange between glass-ionomer restorations and residual carious dentine in permanent molars: An in vivo study. *J Dent.* 2006;34(8):608–13.
18. Pandya M, Diekwisch TGH. Enamel biomimetics—fiction or future of dentistry. *Int J Oral Sci.* 2019;11(1):1–9.

19. Anselmino C, Dorati P, Lazo G. Atlas de histología bucodental. Buenos Aires, Argentina:edulp;2020(1):15–28.
20. He L, Hao Y, Zhen L, Liu H, Shao M, Xu X, et al. Biomineralization of dentin. J Struct Biol. 2019;207(2):115–22.
21. Chiego DJ. Principios de histología y embriología bucal con orientación clínica. Cuarta edición. Barcelona, España: elsevier; 2014:92-102.
22. Garcia-Garduño, Margarita Victoria, Reyes Gasga, José. La hidroxiapatita, su importancia en los tejidos mineralizados y su aplicación biomédica. Tip Rev Espec en ciencias químico-biológicas. 2006;9(2):90–95.
23. Castellanos JE, Marín LM, Úsuga MV, Castiblanco GA, Martignon S. La remineralización del esmalte bajo el entendimiento actual de la caries dental. Univ Odontol. 2013;32(69):49–59.
24. Brzović Rajić V, Miletić I, Gurgan S, Peroš K, Verzak Ž, Ivanišević Malčić A. Fluoride Release from Glass Ionomer with Nano Filled Coat and Varnish. Acta Stomatol Croat. 2018;52(4):307–13.
25. Liu J, Rawlinson SCF, Hill RG, Fortune F. Strontium-substituted bioactive glasses in vitro osteogenic and antibacterial effects. Dent Mater. 2016;32(3):412–22.

26. Thuy TT, Nakagaki H, Kato K, Hung PA, Inukai J, Tsuboi S, et al. Effect of strontium in combination with fluoride on enamel remineralisation in vitro. *Arch Oral Biol.* 2008;53(11):1017–22.
27. Machiulskiene V, Campus G, Carvalho JC, Dige I, Ekstrand KR, Jablonski-Momeni A, et al. Terminology of Dental Caries and Dental Caries Management: Consensus Report of a Workshop Organized by ORCA and Cariology Research Group of IADR. *Caries Res.* 2020;54(1):7–14.
28. Pajor K, Pajchel L. Hydroxyapatite and Fluorapatite in Conservative. *Materials (Basel).* 2019;12(2683):1–16.
29. Kidd E, Fejerskov O, Nyvad B. Infected dentine revisited. *Dent Update.* 2015;42(9):802–9.
30. Bjørndal L, Simon S, Tomson PL, Duncan HF. Management of deep caries and the exposed pulp. *Int Endod J.* 2019;52(7):949–73.
31. Cedillo Valencia J de J, Herrera Almanza A, Farías Mancilla R. Enamel and dentin hybridization of high density glass ionomers; SEM study. *Rev la Asoc Dent Mex.* 2017;74(4):177–84.
32. Mustafa HA, Soares AP, Paris S, Elhennawy K, Zaslansky P. The forgotten merits of GIC restorations: a systematic review. *Clin Oral Investig.* 2020;24(7):2189–201.

33. Cedillo Valencia J de J. Remineralizing Glass Ionomer. An alternative preventive or therapeutic treatment. *Rev la Asoc Dent Mex.* 2011;68(5):258–65.
34. Cedillo, José de Jesús, Herrera, Alejandra, Cedillo VM. Equia Forte. The future in cavity obturation. *Rev Oper Dent y Biomater.* 2017;VI(1886–3450):1–11.
35. Cedillo Valencia JDJ. High-density glass ionomer used as liner in a sandwich technique restoration. *Adm.* 2010;68(1):39–47.
36. De Amorim RG, Leal SC, Frencken JE. Survival of atraumatic restorative treatment (ART) sealants and restorations: A meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2012;16(2):429–41.
37. Sidhu S, Nicholson J. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *J Funct Biomater.* 2016;7(3):16.
38. Watson TF, Atmeh AR, Sajini S, Cook RJ, Festy F. Present and future of glass-ionomers and calcium-silicate cements as bioactive materials in dentistry: Biophotonics-based interfacial analyses in health and disease. *Dent Mater.* 2014;30(1):50–61.
39. Sidhu SK. *Glass-Ionomers in Dentistry.* 1st ed. Sidhu SK, editor. London: Springer; 2016. 161 p.

40. Pucinelli CM, da Silva RAB, Borges LL, Borges AT do N, Nelson-Filho P, Consolaro A, et al. Tissue response after subcutaneous implantation of different glass ionomer-based cements. *Braz Dent J.* 2019;30(6):599–606.
41. Ruengrungsom C, Burrow MF, Parashos P, Palamara JEA. Evaluation of F, Ca, and P release and microhardness of eleven ion-leaching restorative materials and the recharge efficacy using a new Ca/P containing fluoride varnish. *J Dent.* 2020;102(9):103474.
42. Collado-González M, Pecci-Lloret MR, Tomás-Catalá CJ, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, Llena C, et al. Thermo-setting glass ionomer cements promote variable biological responses of human dental pulp stem cells. *Dent Mater.* 2018;34(6):932–43.
43. WHO. Oral Health WHO. Who. 2020. p. 20–3.
44. James SL, Abate D, Abate KH, Abay SM, Abbafati C, Abbasi N, et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 Diseases and Injuries for 195 countries and territories, 1990-2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet.* 2018;392(10159):1789–858.
45. Lomelí Buyoli G, Rodríguez González KG, Mejía González AM. Resultados del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Patologías Bucales 2019. *SIVEPAB.* 2019;1-70.

46. Ten Cate JM, Buus MJ, Damen JJM. The Effects of Gic Restorations on Enamel and Dentin Demineralization and Remineralization. *Adv Dent Res.* 1995;9(4):384–8.
47. Schwendicke F, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et al. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. *Adv Dent Res.* 2016;28(2):58–67.
48. Virupaxi SG, Roshan NM, Poornima P, Nagaveni NB, Neena IE, Bharath KP. Comparative evaluation of longevity of fluoride release from three different fluoride varnishes – An invitro study. *J Clin Diagnostic Res.* 2016;10(8):33–6.
49. Frencken JE. Atraumatic restorative treatment and minimal intervention dentistry. *Br Dent J.* 2017;223(3):183–9.
50. Innes NPT, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et al. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Terminology. *Adv Dent Res.* 2016;28(2):49–57.
51. Mathur VP, Dhillon JK, Logani A, Kalra G. Evaluation of indirect pulp capping using three different materials: A randomized control trial using cone-beam computed tomography. *Indian J Dent Res.* 2016;27(6):623–9.
52. Zander HA. Reaction of the Pulp to Calcium Hydroxide. *J Dent Res.* 1939;18(4):373–9.

53. Hashem, Danya Mannoeci Francesco, Patel Shanon, Manoharan Andiappan, Watson Timothy F BA. Evaluation of the efficacy of calcium silicate vs. glass ionomero cement indirect pulp capping and restoration assessment criteria: a randomised controlled clinical trial -2 year result. Clin Oral Investig. 2017;23(258).
54. Ketac Universal Aplicap Glass Ionomer Restorative. 3M Science. 2016.
55. Elzein R, Bader B, Rammal A, Hussein H, Jassar H. Legal liability facing COVID-19 in dentistry: Between malpractice and preventive recommendations. Elsevier. 2020;78(1):1–6.
56. Jamal M, Shah M, Almarzooqi SH, Aber H, Khawaja S, El Abed R, et al. Overview of transnational recommendations for COVID-19 transmission control in dental care settings. Oral Dis. 2021;27(3):655–64.
57. Innes NPT, Evans DJP, Bonifacio CC, Geneser M, Hesse D, Heimer M, et al. The Hall Technique 10 years on: Questions and answers. Br Dent J. 2017;222(6):478–83.

Anexos



Universidad Autónoma de Baja California
Instituto de Ciencias Agrícolas

Mexicali, B.C. a 27 de mayo de 2021.

A quien corresponda:

Por este medio se hace **constar** que en la granja porcina del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC, se llevaron a cabo las actividades de experimentación con cerdos involucrados en el proyecto de investigación “Remineralización con Equia Forte Fil y Ketac Universal en Órganos Dentarios Permanentes de Cerdos del Instituto de Ciencias Agrícolas UABC” bajo responsabilidad de la Dra. Lucrecia Rebeca Arzamendi Cepeda, Profesora Investigadora de ECISALUD Valle de las Palmas, UABC, y su alumna Anarika Guzmán Ramírez, Estudiante Especialidad en Odontología Pediátrica UABC. Así mismo, **certifico** que el manejo experimental y cuidado de los cerdos empleados en esta investigación se realizó de forma adecuada y humanitaria sin daño a la salud o integridad de los animales.

Se extiende la presenta a solicitud de las interesadas para los fines que a ella convengan.

Dr. Ernesto Avelar Lozano
Profesor-Investigador
Instituto de Ciencias Agrícolas, UABC.

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE BAJA CALIFORNIA



INSTITUTO DE
CIENCIAS AGRICOLAS
DIRECCION

Vo. Bo.
Dr. Daniel González Mendoza
Director
Instituto de Ciencias Agrícolas, UABC.

NORMA Oficial Mexicana NOM-062-Z00-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio

5.5. Porcinos.

5.5.1. Confinamiento o encierro primario. Cada corral de las diferentes áreas debe estar equipado con comedero y bebedero o tazón de material no corrosivo o de alimentación automática. Dependiendo de la talla corporal, el espacio disponible del comedero debe tener entre 20 y 40 cm por animal. Para propósitos experimentales, cuando los porcinos se alojen en lugares cerrados y jaulas especiales, éstas deben ser de material resistente y fácil de limpiar. Los espacios requeridos para porcinos de diferente peso corporal se indican en el cuadro número 6. Los porcinos que se utilicen para experimentación, deben estar clínicamente sanos y ser tratados de acuerdo al protocolo de experimentación aprobado por el Comité.

5.5.2. Salud animal. Los porcinos son particularmente sensibles a temperaturas extremas. Para proteger a los animales del frío, los pisos y paredes de la construcción deben estar bien aislados y con circulación de aire controlado. Los animales mantenidos en pisos de rejilla o malla de alambre deben tener un sistema de calefacción y ventilación. Los corrales deben lavarse y reemplazarse las camas mojadas diariamente. Por lo menos una vez al mes deben evacuarse los corrales. Los pisos, paredes, jaulas y utensilios deben remojarlos con solución desinfectante y lavarlos con agua a presión.

5.5.3. Alimento y agua. Los requerimientos nutricionales para animales de diferentes edades y estado reproductivo con especial atención en proteína y máximo de fibra cruda se indican en el cuadro número 7. El contenido de lípidos en la mayoría de las

raciones es de 3-3.5%. El agua debe ser potable y estar a libre acceso, se recomienda usar bebederos automáticos.

5.5.4. Cama y nido. Por razones higiénicas (parásitos internos y externos) los porcinos son mantenidos en pisos sólidos, rejilla o concreto. Dependiendo de la edad de los porcinos, las rejillas varían en anchura de 5-12 cm, con aberturas de 1.5-3 cm. Los pisos sólidos usualmente están provistos de camas de paja, aserrín o viruta de madera.

5.5.5. Agrupamiento. Los porcinos deben agruparse por edad, peso y talla preferentemente.

5.5.6. Manipulación e inmovilización. Los porcinos al manejarlos son generalmente temerosos y excitables, tercos e individualistas, pueden mostrar histeria y ser extremadamente ruidosos cuando se les confina. Tanto al verraco adulto como a la cerda en el nido se les debe acercar con precaución. Para manejar grupos de porcinos, usualmente se hace caminando detrás de éstos con la ayuda de tablas para orientar a los animales. Los lechones de hasta 5 kg deben sujetarse con ambos brazos. Animales demasiado pesados pueden sujetarse con lanza trompas colocados en la región caudal de los dientes caninos. Es recomendable el uso de tranquilizantes en diversos casos, a consideración del Médico Veterinario.

6.1.2.3.1. Área de cirugía. Sector del bioterio destinado para y equipado de acuerdo con el desarrollo de procedimientos experimentales, analíticos o de enseñanza que requieran el empleo de técnicas quirúrgicas con supervivencia del animal en condiciones asépticas. Sus dimensiones y equipamiento estarán en función de las necesidades de la institución. Si se realiza cirugía mayor con supervivencia del animal, se recomienda la existencia de un quirófano. Otras cirugías sólo requieren técnicas asépticas. Si no hay supervivencia sólo se sugieren técnicas "limpias".