



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

Trabajo de Tesis para optar al Título de Doctor en Odontología

INFLUENCIA DE FACTORES QUÍMICOS EN EL CAMBIO DE COLOR DE LAS MANCHAS
BLANCAS TRATADAS CON RESINAS INFILTRANTES. Estudio en dientes bovinos.

Doctorando: ESP.OD. MARÍA EUGENIA ALEJANDRA BARRIONUEVO

Directora: PROF. DRA. PEÑA, GRACIELA ROXANA

Codirectora: DRA. PROF. ALESSANDRA BULHER BORGES

Mendoza, Argentina 2026

COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE TESIS

DR. ZAVALA, WALTER

DR. MARTÍN, ALBERTO

DRA. DI NASSO, PATRICIA

TRIBUNAL O COMITÉ EVALUADOR

AGRADECIMIENTOS

A Dios que marca cada paso que doy en la vida y me conduce por el buen camino

A mi querido esposo que incondicionalmente ha caminado conmigo a lo largo de mi vida y me dio la hermosa familia que tengo.

A mis hijos que muchas veces necesitaron de mí un consejo, la compañía y no estuve por dedicarle largas horas a estudiar lo que me gustaba.

A mi nietita Atenea y su hermanito Dante que han llegado a nuestras vidas para hacernos inmensamente felices.

A mi amiga y hermana del alma Vero con quien cursamos desde la primera materia hasta la última de la carrera y seguimos construyendo para mejorar la calidad educativa de nuestra querida facultad.

A todos y cada uno de los colegas con los que transité mi vida profesional.

Al Dr. Zabala Walter, director de la carrera, por estar siempre presente y estimularnos a continuar y seguir adelante.

A mi directora de tesis Dra. Peña Graciela

A mi codirectora de tesis Dra. Alessandra Buhler Borges quien desinteresadamente me ofreció el laboratorio de análisis de la UNESP para que realizara mis ensayos experimentales.

A la Facultad de Odontología por exigirme más y más cada día para obtener de mí lo mejor.

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa”

Mahadma Gandhi

INDICE DE CONTENIDOS

COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE TESIS	2
COMISIÓN DE TESIS CURRICULAR	2
AGRADECIMIENTOS	3
INDICE DE CONTENIDOS	4
INDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS	6
INDICE DE FIGURAS Y DIAGRAMAS	7
ABREVIATURAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
Hipótesis del trabajo	15
Objetivos	15
Objetivos Generales	15
Objetivos Específicos	16
CAPÍTULO III : MARCO TEÓRICO	17
Lesiones de manchas blancas	17
Caries	17
Esmalte	21
Saliva	23
Microorganismos	25
Dieta	26
Resinas infiltrantes	27
Microdureza	33
Envejecimiento	37
Ácido cítrico	37
Etanol	43
Color	45
Fluorescencia	53
Brillo	56

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS	60
- Delineamiento experimental	60
Obtención de bloques	61
Formación de caries	65
Tratamiento con resinas infiltrantes	65
-Análisis de microdureza	66
-Envejecimiento químico	67
-Tinción	67
- Estudio de color	68
- Estudio de la fluorescencia	69
- Estudio del brillo	69
CAPITULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	71
Análisis de Microdureza	71
Pruebas de normalidad	73
Resultados de análisis estadístico microdureza	79
Análisis de color, fluorescencia y brillo	79
Metodología estadística	80
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN	88
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES	95
CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA	97

INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS

Tabla 1: Descriptivos de análisis de microdureza en diente sano, diente con mancha blanca y resina infiltrantes	- 72 -
Gráfico 1: Valores de microdureza Knoop.....	- 73 -
Tabla 2: Prueba normalidad de datos en diente sano, diente con mancha blanca y resina infiltrantes.....	- 73 -
Gráfico 2: M1 Diente sano	- 74 -
Gráfico 3: M2 Mancha Blanca	- 74 -
Gráfico 4: M3 Resina infiltrante	- 75 -
Tabla 3: Prueba de hipótesis de normalidad	- 76 -
Tabla 4: resumen de prueba de hipótesis	- 76 -
Tabla 5: Prueba de hipótesis M1 y M2	- 77 -
Tabla 6: Test de Wilcoxon entre M1 y M3	- 78 -
Tabla 7. Test de Wilcoxon entre M3 y M2	- 79 -
Tabla 8 resultados M1 vs. M2.....	- 81 -
Gráfico 5: G1 Color Pretinción con etanol.	- 81 -
Gráfico 6: G1 Fluorescencia Pretinción con etanol.	- 81 -
Gráfico 7: G1 Brillo Pretinción con etanol.....	- 82 -
Gráfico 8: G1 Color postinción con etanol.....	- 82 -
Gráfico 9 G1 Fluorescencia postinción con etanol.....	- 82 -
Gráfico 10: G1 Brillo postinción con etanol.....	- 83 -
Tabla 9: Resultados Análisis 3:	- 84 -
Gráfico 11: ΔE color G 1	- 85 -
Gráfico 12: ΔE color G2	- 85 -
Gráfico 13: ΔE color G 3	- 85 -
Gráfico 14: ΔE *FL G 1	- 85 -
Gráfico 15: ΔE *FL G 2	- 85 -
Gráfico 16: ΔE *FL G 3	- 86 -
Gráfico 17: UB G1.....	- 86 -
Gráfico18: UB G2.....	- 86 -
Gráfico19: UB G3.....	- 86 -

INDICE DE FIGURAS Y DIAGRAMAS

Fig. 1: Luz visible	- 47 -
Fig.2 SISTEMA RGB	- 48 -
Fig.3 Serie de colores primarios	- 49 -
Fig.4 Modelo de CIEL ab (115).....	- 50 -
Fig. 5: Espacio tridimensional de CIELab.....	- 50 -
Fig. 6 Temperaturas del color.....	- 53 -
Diagrama 1: Diseño de la investigación	- 61 -
Fig. 7: Taladro Dinser Ferramentas Diamantadas Ltda	- 62 -
Fig. 8: Dientes bovinos	- 62 -
Fig. 9: Muestras obtenidas.....	- 62 -
Fig. 10: Calibre electrónico Starret Tools	- 63 -
Fig. 11: Pulidor circular Extec Corp, CT,USA.....	- 63 -
Fig. 12: dispositivo circular.....	- 64 -
Fig. 13: Matriz de silicona	- 64 -
Fig. 14: Muestras con resina Flow.....	- 64 -
Fig. 15: Microdurómetro Futuretech modelo FM 700	- 66 -
Fig. 16 Monitor Calibrado.....	- 66 -
Fig. 17 Posición del Indentador en la muestra	- 66 -
Fig. 18 Marca en la muestra	- 66 -
Diagrama 2: formula diferencial de color	- 68 -
Fig. 19: a Espectrofotómetro CM 2600d.....	- 69 -
Fig. 19 b: Vista inferior y lateral	- 69 -
Fig. 20: Medidor de Brillo Novo Curve.....	- 70 -

ABREVIATURAS

μm	Micrón o micra
μM	Micromol
MEB	Microscópio electrónico de barrido
pH	Potencial hidrogenión
Ca/P	Calcio/fósforo
ATP	Adenosintrifosfato
CO_2	Anhidrido carbónico
D ₁	Primer tercio de dentina
R ₃	caries que se extiende hasta la dentina superficial.
pKa	Constante de disociación ácida
Ka	Constante de equilibrio ácido
H ⁺	Hidrogenión
ClH	Ácido clorhídrico
LAD	Limite amelodentinario
GPa	Giga pascales
N	newton
Kg	Kilogramo
μm	Micrómetro
HK o KHN	Dureza Knoop
nm	nanómetro
UV	Ultravioleta
LED	Diodo emisor de luz
M	Molar
mM	mili mol
FDA	Food and Drug Administration
r.p.m.	Revoluciones por minuto
UB	Unidades de brillo
ΔE	Diferencial de color

RESUMEN

Las resinas infiltrantes, por su baja viscosidad tratan caries incipientes en superficies interproximales y lisas no cavitadas, deteniendo su progreso. Mejoran estéticamente manchas blancas de fluorosis o hipomineralización.

Objetivos:

-Cuantificar si la microdureza Knoop de manchas blancas, mejora con la infiltración de resinas

-Determinar la posible degradación química de las mismas con etanol y ácido cítrico, mediante la alteración de algunas propiedades ópticas.

Se utilizaron 45 especímenes de esmalte bovino en los que se indujeron artificialmente lesiones de mancha blanca mediante desmineralización. Se empleó un microdurómetro Knoop para medir la dureza en tres etapas: esmalte sano, desmineralizado e infiltrado. Posteriormente, las muestras se dividieron en tres grupos para evaluar su degradación química tras la inmersión en saliva artificial (control), ácido cítrico y etanol, midiendo variaciones en color ($\Delta E L$, $\Delta E a$, $\Delta E b$), brillo y fluorescencia, finalizando con una prueba de tinción.

Resultados

La microdureza de las manchas blancas infiltradas mejora en comparación al esmalte sano. Todas las muestras presentaron diferencias significativas en el brillo según tratamiento pre o posttinción ($p < 0.05$). Existen diferencias estadísticamente significativas para el parámetro ΔE entre los diferentes grupos ($p < 0.05$). Sin diferencia en fluorescencia pretratamiento ($p > 0.05$), pero si post inmersión en etanol, ácido cítrico y ($p < 0.05$).

Conclusiones

Las resinas infiltrantes cumplen con el objetivo de reforzar la estructura dental desmineralizada al aumentar la dureza Knoop. No obstante, son susceptibles a la degradación química, lo que altera sus propiedades estéticas, especialmente ante el contacto con sustancias ácidas o alcohólicas.

Palabras claves: desmineralización, infiltración, manchas blancas, microdureza, resina

ABSTRACT

Infiltrating resins, due to their low viscosity, treat incipient caries on interproximal and smooth, non-cavitated surfaces, halting their progression. They aesthetically improve white spots of fluorosis or hypomineralization.

Objectives:

- To quantify whether the Knoop microhardness of white spots improves with resin infiltration.
- To determine the possible chemical degradation of these resins with ethanol and citric acid, by observing the alteration of some optical properties.

Forty-five bovine enamel specimens were used, in which white spot lesions were artificially induced by demineralization. A Knoop microhardness tester was used to measure hardness in three stages: healthy, demineralized, and infiltrated enamel. Subsequently, the samples were divided into three groups to evaluate their chemical degradation after immersion in artificial saliva (control), citric acid, and ethanol, measuring variations in color (ΔE_{L^*} , ΔE_{a^*} , ΔE_{b^*}), gloss, and fluorescence, concluding with a staining test.

Results: The microhardness of the infiltrated white spots improved by 25% compared to healthy enamel. All samples showed significant differences in gloss according to treatment ($p < 0.05$). There were statistically significant differences for the ΔE parameter between the different groups ($p > 0.05$). There was no difference in fluorescence pre-treatment ($p > 0.05$), but there was a difference after immersion in ethanol, citric acid, and staining ($p < 0.05$).

Conclusions: The infiltrating resins fulfill the objective of reinforcing the demineralized tooth structure by increasing Knoop hardness. However, they are susceptible to chemical degradation, which alters their aesthetic properties, especially when in contact with acidic or alcoholic substances.

Keywords: demineralization, infiltration, white spots, microhardness, resin

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el manejo de la lesión de caries dental ha pasado de la perforación y el empaste, a la prevención, el control y la reparación mínimamente invasiva o no invasiva de la misma. Las técnicas actuales persiguen el objetivo de preservar las estructuras dentales porque no existe material que las reemplace. La lesión inicial de caries sobre esmalte conocida como mancha blanca es frecuente en la población moderna, debido a factores como una dieta rica en hidratos de carbonos fermentables, la escasa higiene oral, aparatología ortodóncica, entre otras causas.

Las bebidas aciduladas y carbonatadas son altamente consumidas. Presentan un pH muy por debajo del pH crítico para la disolución del esmalte que lo vuelve vulnerable a la degradación.

También el alto consumo de bebidas alcohólicas y algunos enjuagues bucales que contienen alcohol nos lleva a evaluar su acción sobre el esmalte dental y los materiales resinosos de restauración ampliamente utilizados en la actualidad.

El efecto de aumentar la frecuencia y cantidad de bebidas y alimentos ácidos ha generado en la población un incremento en la aparición de manchas blancas. Hoy, enmascararlas con restauraciones estéticas es condicionante en los tratamientos dentales estéticos, lo que pone a prueba la habilidad y conocimientos de los odontólogos, quienes deben utilizar todas las maniobras clínicas no invasivas, microinvasivas o mínimamente invasivas existentes para abordar tempranamente estas lesiones cariosas (1), (2). Por ello el uso

de resinas compuesta como materiales estéticos pueden corregir o enmascarar defectos en las piezas dentarias debido a sus propiedades mecánicas, físicas y amplia gama de colores.

Las resinas infiltrantes, son importantes aliadas en el tratamiento mínimamente invasivo de lesiones incipientes de caries, pues penetran en su cuerpo por capilaridad, previniendo la difusión de bacterias y reforzando mecánicamente su estructura debilitada, controlando así el desarrollo de estas lesiones.

Además, este material tiene un índice de refracción de luz visible próximo al de la hidroxiapatita que garantiza mejores propiedades estéticas al esmalte tratado. Sin embargo, con el tiempo y las distintas situaciones agresivas que presenta la cavidad oral, estas resinas pueden sufrir degradación que se traduce en la alteración de sus propiedades ópticas, como el color, la fluorescencia y el brillo. Este efecto se ve evidenciado en el tiempo porque estas resinas sufren un cambio de color, se tiñen con los colorantes que provienen de la dieta. A pesar de eso, las evidencias disponibles sobre la asociación entre el envejecimiento por influencia de factores químicos y la tinción de las resinas acrílicas son escasas. Por otra parte, existen evidencias insuficientes de cuál es el factor que más influye en el envejecimiento de éstas.

El diseño experimental presentado en esta tesis tiene como finalidad investigar si la microdureza disminuida en las lesiones tempranas es mejorada con la infiltración de estas resinas. Otra finalidad fue evaluar la degradación de este material a través del cambio de color, fluorescencia y brillo.

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Hipotesis del trabajo

El envejecimiento químico con etanol y ácido cítrico modifica las propiedades ópticas de las resinas infiltrantes aplicadas sobre manchas blancas evidenciadas mediante tinción.

La infiltración de las manchas blancas tratadas con resinas infiltrantes mejora la microdureza de las mismas

Objetivos del trabajo

Objetivos generales

- Cuantificar si la microdureza de las caries artificiales incipientes de esmalte, tratadas con resinas infiltrantes, mejora.
- Determinar si las resinas infiltrantes aplicadas sobre caries artificiales de esmalte bovino sufren degradación química en contacto con etanol y ácido cítrico, a través de la medición de color, fluorescencia y brillo (propiedades ópticas).

Objetivos específicos

1. Cuantificar la microdureza de la superficie del esmalte con mancha blanca antes y después del tratamiento.
2. Evidenciar mediante tinción, la degradación química producida por el etanol y el ácido cítrico sobre las manchas blancas infiltradas, a través del cambio de color de estas.
3. Evidenciar mediante tinción, la degradación química producida por el etanol y el ácido cítrico sobre las manchas blancas infiltradas, a través del cambio de fluorescencia de las mismas.
4. Evidenciar mediante tinción, la degradación química producida por el etanol y el ácido cítrico, sobre las manchas blancas infiltradas, a través del cambio del brillo de estas.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

Lesiones de manchas blancas

Caries

La caries dental es una enfermedad infecciosa, compleja, transmisible, multifactorial en la que un amplio grupo de factores biológicos, socioeconómicos y culturales interactúan directa o indirectamente en el establecimiento y desarrollo de los microorganismos cariogénicos, incluidos en la comunidad microbiana de la biopelícula dental. “Es un problema de salud pública reconocido a nivel mundial” (3). Es la principal enfermedad de la cavidad oral y aumenta gradualmente en los países subdesarrollados y en desarrollo, a pesar de los intentos por informar a la población del control de la higiene oral y de una dieta balanceada (4)

Podríamos definir la caries como la disolución química o desintegración molecular de los tejidos duros del diente, resultado de una disminución del pH bucal producido por la presencia de ácidos de origen bacteriano (5). Estos ácidos resultan del metabolismo celular de las bacterias para obtener energía.

Las bacterias del biofilm degradan los azúcares de bajo peso molecular ingeridos. Este proceso intracelular da origen a la formación de ácidos orgánicos que son expulsados al medio extracelular (6) . En etapas iniciales

estos ácidos orgánicos producen la disolución de los cristales de hidroxiapatita (componente inorgánico principal de los dientes) (7).

El proceso químico comienza por la atracción electrostática que generan los hidrogeniones de estos ácidos sobre el cristal de hidroxiapatita, el cual sufre desmineralización con la liberación de iones oxidrilos, seguido de la separación del calcio y posteriormente fosfatos que intentan unirse a los hidrogeniones para neutralizar así la acidez. Todo este proceso químico se manifiesta en forma subclínica. Comienza en la capa subsuperficial del esmalte y avanza en sentido centrípeto hacia la profundidad del tejido subyacente, la dentina, hasta llegar finalmente a la pulpa (8), (7).

En la actualidad se plantea la caries como una enfermedad y los orificios que produce sobre el diente, la lesión visible o la consecuencia de dicha enfermedad.

Normalmente, por un fenómeno de absorción, luego de dos horas de realizada la higiene bucal, se depositan proteínas salivales y del fluido crevicular sobre la superficie del esmalte. Este depósito se conoce como película adquirida. De esta manera, se genera un medio que facilita la colonización de bacterias y su posterior crecimiento.

La composición inorgánica de la matriz de la placa bacteriana se mantiene estable bajo la influencia del nivel de saturación de los iones de calcio, fosfato y fluoruros que provienen de la saliva y de la superficie del esmalte (9). La mayor concentración de estas sustancias reguladoras del pH favorece la estructura protectora del diente y su remineralización.

Los compuestos buffers de la saliva ayudados por los carbonatos, fosfatos y calcio de los cristales degradados en la subsuperficie del esmalte tratan de neutralizar la acidez y el proceso se revierte, se remineraliza. Este efecto

cíclico de desmineralización-remineralización se desarrolla cotidianamente y mantiene el medio bucal en equilibrio (10).

Stephan observó que al aplicar carbohidratos fermentables a la placa bacteriana la acidez aumentaba y el pH descendía muy por debajo de los valores de disolución de la hidroxiapatita (5- 5,5 para el esmalte y 6,5- 6,7 para dentina) y que al cabo de un tiempo el pH volvía a niveles normales. Si el resultado de la toma de pH es inferior al que produce la disolución se le denominó crítico. El tiempo mínimo de recuperación de éste es de 20 minutos. (11)

Si la disminución se sostiene en el tiempo, o se repite frecuentemente, agota todos los mecanismos de defensa del huésped y comienza la desmineralización subsuperficial del esmalte (12). Este proceso que comienza siendo subclínico, se hace evidente a los ojos del operador como una mancha blanca opaca, en las zonas del diente donde hay atrapamiento de placa (13).

Esta lesión incipiente de esmalte se conoce con el nombre de mancha blanca (14) (15). El color lechoso se manifiesta porque el lugar de la hidroxiapatita degradada (poros) es ocupado por aire o agua dejando una cicatriz permanente (16) (17), a diferencia de la capa superficial del esmalte que se observa intacta e hipermineralizada cuyo volumen de porosidad que no excede el 1% (18). La permanencia de coloración blanquecina de las lesiones puede resultar en perjuicios estéticos (19).

Clínicamente la mancha blanca activa, se reconoce por su opacidad, que es el resultado de un efecto óptico referido a la dispersión de la luz. Este fenómeno se mide a través del índice de refracción, entendiéndose por tal, el valor numérico que arroja el cociente entre la velocidad de la luz incidente sobre el medio en el cual impacta dicha luz. La dirección de las ondas electromagnéticas visibles incidentes, pueden cambiar de dirección al pasar de un medio gaseoso como es el aire, a un medio líquido como es el agua.

Así, cuando la luz incide sobre la mancha blanca que contiene en el interior de sus poros agua, arroja una valoración numérica de 1.33, es decir se obtiene una gran dispersión de luz. No obstante, su valor no difiere mucho del esmalte sano, cuya dispersión arroja un valor 1.62 (20).

Cuando los poros solo contienen aire (por secado con aire presurizado o el avance de la lesión hacia al límite amelodentinario es importante) este índice arroja un valor de 1.00 haciéndose visible al ojo humano. Se puede observar que la estructura histológica policristalina está ahora hipomineralizada, desorganizada y presenta una reducción del 28 % en su contenido mineral, un 80 % más de apatita carbonatada y un aumento de 3 a 15 veces en el contenido de proteínas. Todos estos cambios disminuyen la dureza del esmalte y dan origen a la aparición de poros. Resumiendo, la pérdida de minerales, consecuencia de la disminución de pH, modifica el índice de refracción de la luz incidente afectando tanto la estética como sus propiedades mecánicas, por ejemplo, la microdureza superficial (21).

Los estudios histopatológicos de las lesiones de manchas blancas manifiestan 4 zonas bien delimitadas, desde la superficie hacia el límite amelodentinario que son: aprismática o de Darling con una pérdida mineral de 5% aproximadamente, zona permeable por donde penetran los ácidos bacterianos. A continuación encontramos el cuerpo de la lesión o zona subsuperficial que presenta un aumento de solubilidad de los cristales y mayor porosidad. Le sigue la zona oscura y la translúcida donde el organismo va conteniendo el avance de las bacterias y sus productos metabólicos. (22)

Para que las manchas blanquecinas se manifiesten clínicamente, deben confluír factores primordiales como: el huésped, los microorganismos, la dieta, el tiempo y la edad. (23)

Las manchas blancas formadas artificialmente son menos profundas que las naturales, principalmente debido a que los protocolos experimentales de

desmineralización utilizados para simular estas lesiones son menos agresivos o de menor duración que el proceso natural en la boca. El resultado es que las manchas blancas artificiales presentan una zona de desmineralización superficial limitada en profundidad . Las lesiones naturales se forman durante un proceso más prolongado y dinámico (24) , (25) (26).

Esmalte

El esmalte sano se puede definir como una membrana extracelular semipermeable, constituida por agujas nanocristalinas de hidroxiapatita " $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ " en un 96%. Las mismas se alinean de forma tal que crean figuras denominadas varillas que se disponen espacialmente en todo el espesor del esmalte. Están separadas entre sí por sustancia orgánica hipermineralizada (1%), compuesta principalmente por proteínas en agua, que da origen a los poros del esmalte por donde ingresan y egresan iones y líquidos desde y hacia el esmalte (13).

Esta cubierta, tiene la función de proteger la dentina que es un tejido duro y sensible ubicado por debajo de él (27). El esmalte se encuentra en contacto directo con el medio bucal por lo que sufre todas las alteraciones de cambios físicos que se produzcan en él. No puede reemplazarse ni repararse biológicamente (28). Resiste altas fuerzas mecánicas y cambios de temperatura (13) (29) . Reacciona exclusivamente con la pérdida de sustancia frente a estímulos físicos, químicos o biológicos (metabolismo químico) y se encuentra en un estado de equilibrio inestable entre la capacidad buffer de la saliva y las estructuras cristalinas ensambladas del mismo. (29)

El esmalte es producido por células que provienen del ectodermo, los ameloblastos. Éstas secretan una matriz proteica compuesta principalmente por amelogeninas, ameloblastinas y enamelinas, junto con pequeñas cantidades de otras proteínas y factores de crecimiento. La matriz extracelular, se deposita sobre la dentina recién formada y constituye la base para la mineralización del esmalte. Cada ameloblasto es responsable de formar un prisma o varilla que se mineraliza parcialmente desde el principio de su formación por acción de enzimas y factores de crecimiento a través de puntos de nucleación. El componente inorgánico principal del esmalte es el cristal de hidroxipatita (30).

La sustancia interprismática queda reducida a una pequeña proporción de agua y proteínas que le otorga relativa permeabilidad. Una vez completada la formación y maduración del esmalte, los ameloblastos involucionan y desaparecen, lo que determina que el esmalte no pueda regenerarse. En su formación histológica se aprecia también zonas de hipomineralización. Los cristales están densamente empaquetados y son solubles a la acción de los ácidos. (31)

Existen en el medio bucal compuestos iónicos denominados sustancias buffers, que provienen de la saliva y actúan como un sistema de defensa natural, amortiguando las variaciones de pH que se producen por la ingesta de alimentos y bebidas. Estas sustancias tienen la capacidad de neutralizar los ácidos y mantener el pH bucal relativamente constante, protegiendo así los dientes y tejidos orales frente a la acción de los ácidos bacterianos (32).

Cuando entra en contacto con los componentes salivales, más la placa bacteriana y la consistencia de los alimentos, el esmalte sufre modificaciones en la composición de su capa exterior y madura. El proceso consiste en la incorporación de pequeñas moléculas que le dan mayor resistencia a esta cubierta frente al avance de la lesión (33).

El sistema inmunológico de los pacientes es capaz de actuar contra la microflora cariogénica desencadenando una respuesta humoral y celular. El estudio de la genética asociada a la enfermedad caries parte de observar que existen individuos que tienen menor tendencia a desarrollar lesiones cariosas con respecto a otros que poseen igualdad de condiciones (34) .

Para poder realizar este trabajo la investigación se hizo sobre dientes de ganado vacuno, los cuales se utilizan actualmente en estudios in vitro, tanto para pruebas de desmineralización, como de adhesión. Esto se debe a su disponibilidad, gran superficie que permite preparar múltiples muestras y su origen común (animales sacrificados a la misma edad), lo que facilita una distribución más homogénea de las muestras.

La composición mineral (relación Ca/P) es proporcional en el sustrato humano y bovino, aunque ligeramente menor en el esmalte bovino (35); (36) . En las pruebas de adhesión, el sustrato bovino y humano se comportaron de manera similar (37) por lo que se decidió trabajar con este material sustituyendo el esmalte humano (38) (39).

Saliva

Otro componente importante del huésped a considerar en la susceptibilidad a caries es la saliva, la cual cumple funciones de lubricación, es antibacteriana porque contiene proteínas como lisozima, lactoferrina, lactoperoxidasa, mucina, cistatina, histatina, IgA secretoria y glucoproteína rica en prolina. La saliva mantiene la integridad de las mucosas, interviene en la primera etapa de la digestión lubricando el bolo alimenticio y aprovisionando enzimas digestivas, forma la película salival, interviene en la adherencia y agregación bacteriana, es decir, participa en la formación de la placa bacteriana y

provisiona al medio bucal compuestos protectores para los dientes (sustancias buffers) (40).

La saliva actúa decisivamente en todas las fases del proceso de caries. En la actualidad el análisis de la saliva se circunscribe a la tasa de secreción salival, cuantificación de la capacidad tampón y recuento de los microorganismos de mayor significación cariogénica como el *Streptococcus mutans* y el *Lactobacillus*. Es efectiva para mantener el pH neutro de la boca, conservar la integridad dentaria por medio de su acción de limpieza y regula el medio iónico para proveer capacidad de remineralización (40) controlando la solubilidad de la superficie mineralizada. Previene la formación de cálculo.

En condiciones de normalidad el pH salival oscila en valores de 6,2 a 6,8. La velocidad de disolución de los cristales de hidroxiapatita está determinada principalmente por el nivel de saturación de los iones bicarbonatos, fosfatos y calcio, péptidos ricos en histidina, estaterina, y proteínas que contiene prolina aniónica conocidos como compuestos buffers salivales y también por el nivel de pH presente. La mayor concentración de estas sustancias reguladoras del pH favorece la estructura protectora del diente y su remineralización. Estos compuestos químicos actúan como un mecanismo de balanza entre los procesos naturales de desmineralización y remineralización (41).

La salud general del paciente también es un factor condicionante puesto que hay enfermedades o síndromes y ciertos medicamentos que producen hipofunción salival la cual está en relación directa con la enfermedad caries. La producción de saliva varía de un individuo a otro, como así su consistencia según composición, siendo el promedio de medio litro diario que no se secreta en forma uniforme durante el día. Aumenta cerca de las comidas o por estímulos provenientes de la masticación, el olfato, los sabores ácidos o un reflejo condicionado que la disminuye como el stress, el miedo o el sueño. (42)

Se deduce que son graves las consecuencias que sufren los pacientes que presentan hipofunción salival (43) ya que se ha observado en ellos un incremento importante de lesiones cariosas. La saliva también cumple una función protectora dental por: la dilución y lavado de los azúcares de la dieta, la neutralización y amortiguación de los ácidos de la placa dentaria y la provisión de iones para el proceso de remineralización (8). La cantidad, consistencia y composición del flujo salival tienen una influencia decisiva sobre la velocidad de ataque y la defensa del organismo ante la caries.

Microorganismos

El biofilm que colonizan la cavidad oral es uno de los más complejos que existen en la naturaleza. Esta complejidad se debe en gran medida, a la composición de las distintas superficies donde se asientan ya sea en caras oclusales, libres y proximales de los dientes y en los tejidos blandos.

Todas las bacterias necesitan para vivir de energía que proviene del metabolismo de los hidratos de carbono fermentables de la dieta. Estos son desdoblados por la vía glucolítica y las bacterias obtienen ATP, CO₂, ácido láctico, acético, y butírico. Estos ácidos son los que generan una disminución del pH en el medio bucal con la consecuente desmineralización de los cristales de hidroxiapatita y así comienza el proceso de caries. El pH desempeña un rol fundamental en el metabolismo bacteriano. (44)

Las bacterias acidogénicas que son capaces de vivir y reproducirse en medios con pH bajo, desarrollan la caries dental. Se deduce que el grado de cariogenicidad de la placa dental depende de factores como: la localización de las bacterias en zonas específicas, la mayor concentración de las mismas en áreas no accesibles a la higiene bucal o autolimpieza, en superficies mucosas y en la saliva, a lo que se suma, la producción de una gran variedad de ácidos, capaces de disolver las sales cálcicas del diente.

Dieta

Los hidratos de carbono fermentables son los nutrientes que necesitan las bacterias orales, para generar el desequilibrio entre los procesos de desmineralización y remineralización. Los componentes iónicos de la hidroxiapatita migran de una zona hipersaturada a otra hiposaturada (45) (46). La sacarosa es el carbohidrato esencial para producir adhesividad de la placa bacteriana a la superficie del diente.

La enfermedad caries se manifiesta con mayor asiduidad en individuos que presentan ciertas características comunes. A partir de estas particularidades los pacientes se clasificaron según la mayor susceptibilidad o riesgo a contraerla.

Los factores que condicionan indirectamente la aparición de caries se denominan moduladores. El tiempo es determinante puesto que, si los factores etiológicos interactúan durante un plazo menor, no se producirá el fenómeno de desmineralización (18).

También la edad está muy vinculada a la aparición de caries porque los pacientes jóvenes presentan un esmalte más inmaduro, es decir menos mineralizado, con lóbulos de desarrollos más evidentes y microestructura como periquematías y estrías de Retzius más notorias, por lo tanto, más propensos a desarrollar lesiones cariosas en comparación con un paciente adulto o mayor cuyo esmalte presenta superficies lisas, sin periquematías, menos espesor, por lo tanto su susceptibilidad a caries es más baja. (13)

Variables como el grado de instrucción de los individuos constituye un indicador de caries en relación directa y lineal, mientras que el nivel

socioeconómico no necesariamente promueve la aparición de la enfermedad porque depende de las características de un grupo poblacional determinado. (8)

La experiencia pasada de caries es un factor relativo porque no podemos considerar al paciente como de riesgo. Múltiples son los factores que lo llevaron a tener caries, pero puede a posteriori haber recibido atención odontológica y de ahí en más haber cambiado sus hábitos de higiene y ahora no tener caries. (8)

El grupo epidemiológico también es otro factor relativo de la enfermedad. Los individuos que se los puede ubicar en grupos que presentan alto o bajo riesgo pueden a lo largo del tiempo cambiar sus conductas y pasar a ser de bajo o de alto riesgo. (8)

El consumo muy frecuente de café y vino producen cambios significativos en cualquier tratamiento de superficie del color, siendo el café una sustancia que tiñe los dientes sanos, así como también los materiales resinosos, los cuales viran hacia un color amarillento y pérdida de brillo, posiblemente por fenómenos de adsorción y penetración de colorantes.

Resina infiltrante ICON

Si bien se trata de respetar la filosofía de invasión mínima, en el tratamiento de caries, hay situaciones clínicas donde es imposible aplicar este concepto. Hasta ahora, para el tratamiento de lesiones incipientes en esmalte, sólo había dos alternativas: evitar el progreso de la desmineralización y revertirlo ya sea a través de la aplicación de sustancias remineralizantes o materiales selladores de superficie, o bien perforar el tejido con instrumental rotatorio o manual para eliminar la caries

y restaurarla. Pero ambas opciones tienen desventajas. Hacer un tratamiento remineralizador implica el total compromiso del paciente. Se utiliza frecuentemente un compuesto químico denominado CPP-ACP (caseinfosfopéptido-fosfato de calcio amorfo) el cual aporta iones fosfatos y calcio en forma amorfa al esmalte, que esa condición puede ingresar subsuperficialmente al esmalte que está desmineralizándose y evita la pérdida definitiva de los cristales de hidroxiapatita (47), (48) .

Existen otras sustancias remineralizadoras como el hidróxido de calcio, el trióxido mineral agregado, los péptidos autoensamblables, sustitutos de azúcar, los vidrios bioactivos pre y probióticos que intentan detener y remineralizar el esmalte (49).

Algunos procedimientos clínicos que tratan de remineralizar la lesión actúan sobre la superficie del esmalte como el flúor presente en distintas formulaciones químicas, reforzando los cristales de apatita superficiales para que puedan resistir mejor el ataque ácido del biofilm dental (50), (51), (52).

Otro tratamiento no invasivo preventivo y terapéutico es la aplicación de selladores de fosas y fisuras cuya función se limita a obturar las vías de difusión de los carbohidratos y ácidos orgánicos sellando los poros de las manchas blancas que están en superficie del esmalte. Los materiales utilizados para este tratamiento son resinas fluidas y cementos de ionómero vítreo, teniendo cada uno su indicación precisa, pero lamentablemente en las zonas interproximales donde el atrapamiento de bacterias es muy frecuente, el uso de estos selladores promueve la aparición de caries secundarias y detiene la progresión de la lesión en un ambiente cariogénico continuo (53), (54), (55).

El tratamiento invasivo con instrumentos manuales o rotatorio para eliminar la caries puede implicar la eliminación de tejido sano innecesariamente. Este último método lleva a la pieza dentaria a formar parte

de un “ciclo restaurativo” que, con el paso de los años, involucrará cada vez mayor pérdida de tejido remanente y la necesidad de tratamientos cada vez más invasivos y extensos.

La odontología moderna avanza hacia tratamientos más conservadores, mínimamente invasivos y estéticos. En este contexto, las resinas infiltrantes surgen como una auténtica innovación, permitiendo detener la progresión de la caries incipiente sin necesidad de perforar ni sacrificar tejido dental sano, un cambio fundamental respecto a la técnica restaurativa convencional (56) (57). Este tratamiento microinvasivo se utiliza en lesiones incipientes de esmalte, y consiste en infiltrar las manchas blancas con resinas de baja viscosidad. La ventaja de éstas es que logran llegar al cuerpo de la lesión atravesando los poros ensanchados que deja la desmineralización del esmalte (58), (59).

Como resultado de múltiples ensayos fue lanzado el primer producto a base de resinas infiltrantes de la marca comercial DMG (Material dental Gesellschaft), Hamburgo, Alemania denominado ICON tanto para caras vestibulares como proximales. Son resinas fotopolimerizables de baja viscosidad. Se considera una buena alternativa de tratamiento microinvasivo, el cual logra controlar el proceso de caries preservando la estructura dental sin que el diente entre en un ciclo restaurativo, respetando así las estructuras dentarias remanentes.

Idealmente tiene su origen para ser usada como infiltrante de lesiones interproximales, situación relevante ya que las lesiones proximales son de difícil acceso tanto para la higiene como para la intervención clínica convencional, y suelen detectarse en etapas donde el esmalte está desmineralizado, pero aún intacto (60) . Esta resina infiltrante está dotada de una altísima capacidad de penetración, pudiendo superar los 800 µm de penetración e incluso abarcar todo el espesor adamantino (61).

Como resultado se obtiene la oclusión de las vías de difusión de las bacterias y sus ácidos cariogénicos deteniendo el avance de la lesión (62). Estas resinas infiltrantes impiden que los hidrogeniones de los ácidos orgánicos penetren en el esmalte a través de sus poros deteniendo la desmineralización. De esta manera el tejido no sigue perdiendo minerales y el proceso de avance de la lesión queda detenido aún en presencia de ácido (57).

El tejido perdido por la desmineralización es reemplazado por dichas resinas las cuales protegen al diente de posibles lesiones futuras y refuerzan su estructura. Trabajan sobre manchas blancas no cavitadas. La versión proximal del producto está especialmente diseñada para esa zona, con dispositivos especiales. La versión vestibular está adecuada para pacientes de ortodoncia después de la extracción de los aparatos fijos.

El efecto secundario positivo de este material es que las lesiones infiltradas pierden su color blanquecino opaco y se parecen más al esmalte sano que las manchas blancas no tratadas, debido a que ellas presentan un índice de refracción similar al del esmalte sano (63).

Por lo tanto, es un tratamiento alternativo menos invasivo para la recuperación estética de los dientes afectados, ya que el agente infiltrante tiene la particularidad de poder penetrar los tejidos desmineralizados sin la necesidad de hacer una apertura mecánica (64).

Se utilizan en lesiones de mancha blanca de caras proximales que se extienden hasta el tercio externo de la dentina (D1 o R3) según criterio de detección radiográfico de radiolucidez. El material ha demostrado ser eficaz para infiltrar caries interproximales que llegan hasta un estado 2 en la clasificación de ICDAS II (dentina superficial) y en la clasificación de Mejaré, podría ser efectivo en las lesiones E₁, E₂, D₁. Por lo tanto, la infiltración de caries secundariamente a su efecto terapéutico es una buena opción para mejorar la estética de alteraciones de superficie lisa vestibular que se

observan con frecuencia después del retiro de la ortodoncia fija y en pacientes con mala higiene bucal (65), (66).

El éxito clínico del ICON se debe a su matriz orgánica, formada principalmente a base de TEGMA, ya que, de acuerdo a los estudios realizados, dentro de la gama de estos monómeros resinosos, es el que mayor coeficiente de penetración presenta (67). Si bien este componente brinda las ventajas propias del ICON la mayor o menor susceptibilidad de la tinción de los materiales resinosos también se debe al tipo de matriz orgánica. Cuanto más hidrofílica es dicha matriz más susceptibles de teñirse con colorantes extrínsecos. Una baja viscosidad de la resina monomérica y alto coeficiente de penetración son dos conceptos deseables para mejorar la infiltración hacia la subsuperficie de la mancha blanca. La inhibición de la polimerización por el oxígeno y la contracción de polimerización de este material también podrían resultar en un área no homogénea lo que facilitaría la penetración de colorantes. El pulido de las lesiones infiltrantes aumenta su resistencia a la tinción. En boca por acción de la saliva y la higiene oral se dificulta la tinción de las resinas.

La infiltración de estas resinas hacia el cuerpo de la lesión puede verse obstaculizada por la capa superficial de esmalte hipermineralizada, la cual es una barrera por su bajo volumen de poros. Esto fue confirmado en el estudio in vitro realizado por Paris y col. donde el grupo control no fue grabado con ácido para ser infiltrado. El resultado fue que encontraron falta de penetración de la resina de baja viscosidad. Por ello es esencial la remoción o perforación de esa capa mediante el acondicionamiento con ácido (68).

Para este diseño experimental el ácido fosfórico fue utilizado como reemplazo del ácido clorhídrico para eliminar la capa superficial mineralizada, ya que el ácido clorhídrico al 15% ha demostrado ser más eficiente y lograr una penetración de 58 μm , en comparación con el ácido fosfórico cuya penetración

es de 25 μm . Como este trabajo se elaboraron manchas blancas artificiales que son menos profundas que las naturales, fue conveniente reemplazar el ácido fosfórico para lograr la penetración de las resinas infiltrantes en vez del clorhídrico que eliminaría mayor cantidad de tejido (69) .

Microdureza

El esmalte es un tejido que está diseñado para resistir grandes fuerzas mecánicas. La dureza que posee se debe a un porcentaje muy elevado de matriz inorgánica microcristalina (96%). Además de hidroxiapatita, contiene sales minerales como carbonatos y sulfatos, oligoelementos como potasio, magnesio, hierro flúor, manganeso cobre, etc. El esmalte es afectado por la acción mecánica del cepillado vigoroso y pastas abrasivas durante la higiene, por el estrés oclusal de movimientos funcionales o parafuncionales como la abfracción y por la desmineralización ácida no solo de las bacterias sino también de bebidas carbonatadas o jugos ácidos, frutas o el acondicionamiento con ácido fosfórico y otros ácidos como los gástricos. (18)

Dentro de las propiedades físicas de esta secreción extracelular podemos nombrar su resistencia superficial a ser rayada o sufrir deformaciones por presión de cualquier índole. El esmalte tiene una dureza que corresponde a 5 en la escala de Mohs (escala de 1 a 10 que determina la dureza de ciertas sustancias) que corresponde a la apatita. La dureza adamantina decrece desde la superficie libre hacia adentro (LAD) y está relacionada directamente con el grado de mineralización del mismo. Se ha establecido que los valores promedios de dureza de esmalte en dientes permanentes oscilan entre 2,5 y 6 GPa. En la zona periférica oclusal estos alcanzan los 6 GPa lo que indica que esta zona podría ser puro mineral de apatita libre de materia orgánica. (70)

En las proximidades al LAD los valores oscilan entre 2,5 y 3 GPa, esta diferencia de valores en superficie y profundidad puede deberse, a que el esmalte es una estructura anisótropa, es decir que sus propiedades físicas y mecánicas varían según la orientación de los cristales. Mediante técnicas de

nanoindentación asociadas a la microscopía de fuerza atómica, se observaron diferencias en los valores medios de dureza al medir los prismas en forma paralela (3,9 +/- 0,3 GPa) o perpendicular a su eje longitudinal (3,3 +/- 0,3 GPa) (13).

Se han diferenciado estas orientaciones, denominando los prismas perpendiculares al observador como diazona, y los que se encuentran paralelos al observador como parazona. Se deduce que las variaciones observadas en la microdureza del esmalte dependen de la diferente orientación y de la cantidad de cristales en las diferentes zonas de los prismas o varillas. Del uso combinado de la microscopía de fuerza atómica y las técnicas de nanoindentación se ponen de relieve la existencia en el esmalte de una anisotropía de al menos 30% debido a la cantidad y distribución de los cristales en la unidad estructural básica del esmalte (la varilla). El mayor o menor grado de anisotropía condiciona la protección de la dentina coronaria de los efectos de las cargas oclusales que sufre el esmalte (70).

Otra propiedad física a tener en cuenta en relación con la microdureza es su permeabilidad, la cual es escasa, a pesar de que está cubierta actúa como una membrana semipermeable que permite la difusión de agua y de algunos iones presentes en el medio bucal. El agua actuaría como un transportador de iones en la matriz adamantina favoreciendo o perjudicando la dureza de este. Otras investigaciones indican que el esmalte posee la propiedad de captar de forma continua ciertos iones (como el catión calcio) o moléculas existentes en la saliva. Esto solo ocurre en pequeños espesores de la superficie (30 micras), mecanismo conocido como remineralización (30).

La actividad biológica fundamental de la que participa el esmalte es la de ser la estructura que soporta y donde se ejercen las fuerzas de la masticación. Dichas fuerzas que oscilan en 50 Kg están en relación directa con la alimentación del individuo, llegando a soportar un amplio rango de cargas, de hasta 1000 N en un área crítica de contacto entre 0,45 y 2,5 mm² sin presentar

falla. Las fuerzas oclusales se ejercen más a nivel del primer molar y menos en los incisivos. El esmalte al ser tan duro es muy frágil, por ello tiene tendencia a las macro y microfracturas. El soporte dentinario adyacente es el que le aporta además de sostén, cierta elasticidad (71).

Otro factor mecánico fisiológico para considerar en la dureza del esmalte es su envejecimiento ya que el tiempo hace que disminuya su espesor, aumente su contenido mineral, disminuya su permeabilidad como también su macro y microanatomía condicionándolo a tener menor incidencia de caries en las personas adultas mayores (13).

En términos generales los valores de las propiedades del esmalte son independientes de las características raciales o étnicas. Múltiples estudios revelaron que la dureza, el módulo de elasticidad (capacidad de deformación) y fragilidad promedio se modifican en personas de edad avanzada. El esmalte envejecido es significativamente más frágil (hasta cuatro veces mayor) que el esmalte joven (72). La dureza del esmalte hipomineralizada es significativamente menor que la del esmalte sano (73). En cambio, la capa superficial del esmalte, en contacto con el medio bucal, se mantiene intacta, e hipermineralizada, con un grosor de 20 a 50 μm y su volumen de porosidad no excede el 1% (18).

El aumento de poros es proporcional a la pérdida mineral y a la pérdida de la microdureza. La capa superficial presenta nitrógeno y flúor en mayor proporción que en la profundidad lo que determina su mayor dureza y menor susceptibilidad a caries. El tratamiento superficial con resinas infiltrantes mejoraría la microdureza del esmalte al introducirse profundamente en los poros de la mancha blanca, reforzando la resistencia perdida por la desmineralización (74). Tanto la microdureza como la profundidad de penetración es observable en la resina infiltrante en comparación con otros materiales (75).

Las propiedades mecánicas del esmalte como el módulo de elasticidad

(resistencia a la deformación elástica de un material), la dureza (resistencia a la deformación permanente o a la penetración), tenacidad a la fractura (resistencia a la propagación de una grieta existente bajo la acción de un estado particular de esfuerzos) y la fragilidad han sido estudiadas desde hace algún tiempo, con el objetivo de identificar su estructura y comportamiento mecánico (76).

La dureza es definida como la habilidad que posee un material a resistir la indentación permanente o deformación cuando está en contacto con un indentador bajo carga. El cálculo de la dureza se realiza en base a la geometría del indentador utilizado, dependiendo de la impronta que deja sobre la superficie, al material se le asigna un valor.

La prueba de microdureza es un método confiable para obtener información indirecta sobre los cambios en el contenido mineral de los tejidos dentales. En este trabajo de investigación se utilizó la dureza Knoop que es un método empleado para medir la resistencia a la deformación de materiales muy frágiles, delgados o pequeños, como cerámicas, esmalte dental o recubrimientos ya que son ensayos no destructivos. Se usa un indentador de diamante con forma de pirámide alargada y romboidal sobre la superficie de un material con carga controlada, generando una impresión cuya diagonal larga es medida para calcular la dureza. El indentador tiene una forma especial con diagonales en una proporción aproximada de 7 a 1. La profundidad de penetración es aproximadamente la mitad del ensayo Vickers. La dureza Knoop (HK o KHN) se calcula con una fórmula resultante del cociente de la carga aplicada sobre la longitud de la diagonal larga de la huella, y un factor constante relacionado con la geometría de la indentación (77).

El módulo de elasticidad (E) para el esmalte externo presenta un valor de 87 GPa, para el esmalte medio de 82 GPa, y para el esmalte interno 75 GPa. Las diferentes propiedades mecánicas del esmalte dental presentan un cambio

desde la superficie oclusal hacia el límite amelodentinario, reduciéndose la dureza y fragilidad e incrementándose la tenacidad a la fractura aparente. Este resultado se explica por un incremento de material orgánico presente en este tejido al acercarse a la dentina, lo que le permite detener de una mejor manera el crecimiento de grietas. Las propiedades mecánicas presentes en el esmalte dental muestran un excepcional comportamiento al impedir que grietas en su interior se propaguen. Estas características pueden ser de gran utilidad para el diseño de nuevos materiales inspirados en comportamientos naturales que permitan, mediante el uso de elementos simples, obtener materiales que eviten la propagación y crecimiento de grietas (70)

Envejecimiento

Ácido cítrico

Un factor gravitante en la aparición de lesiones incipientes de caries es el consumo de gaseosas que se ha incrementado notablemente en las últimas décadas. El consumo comienza a muy temprana edad y aumenta durante la adolescencia. Cuando se ingiere una bebida carbonatada, ésta presenta una serie de sustancias químicas que, al ingerirlas en grandes cantidades y alta frecuencia, pueden ocasionar daños a la salud.

La función principal de una bebida es la de aportar agua al organismo. Puede estar acompañada o no de ciertas sustancias disueltas en ella. Estas sustancias pueden ser de dos tipos: nutritivas tales como vitaminas, minerales, azúcares que se hallan en los jugos de frutas y hortalizas, o no nutritivas como cafeína, alcohol o diversos aditivos (78) .

Las bebidas que no contienen sustancias nutritivas suelen ser insanas y hasta peligrosas para la salud. Los refrescos son bebidas sin valor nutritivo (excepto el azúcar que puedan contener), generalmente carbónicas (con burbujas) y cuyos ingredientes son de origen artificial.

Las gaseosas son bebidas saborizadas, efervescentes, sin contenido de alcohol. Normalmente, poseen agua, azúcar, edulcorantes artificiales, ácidos (fosfórico, cítrico, maleico, tartárico), cafeína, colorantes, saborizantes, dióxido de carbono, conservantes y sodio. Los efectos más adversos de sus componentes son producidos por el ácido fosfórico, que crea un medio ácido que mejora la absorción del dióxido de carbono. El ácido fosfórico tiene un sabor amargo, que es compensado con el agregado de azúcar y está relacionado con la pérdida de calcio (79).

El ácido cítrico es un acidulante usado para potenciar sabores ácidos frutados en las bebidas. Mantiene los niveles de pH bajos, impidiendo el crecimiento de organismos. Es uno de los ácidos más erosivos para los dientes. Hoy en día, el ácido cítrico se obtiene industrialmente a partir del maíz y no de frutos cítricos. Es quelante, ayudando a prevenir la oxidación, al unirse con iones metálicos que podrían causar el deterioro de las bebidas. El ion citrato se encuentra de forma natural en los zumos de frutas cítricas, pero también se añade como aditivo a muchas otras bebidas. (80)

El dióxido de carbono es el responsable de las burbujas de la gaseosa, que se introduce al agua bajo presión. A medida que se agrega más dióxido de carbono, disminuye el pH, otorgando más acidez a la gaseosa. Estas bebidas representan un problema importante para nuestra salud, no sólo por su composición, sino también por los alimentos que desplazan de la dieta. El consumo abundante de gaseosas se asocia a una ingesta más baja de numerosas vitaminas, minerales y fibras. Son un factor de riesgo importante para la salud en general, ya que contribuyen con el sobrepeso y la obesidad a la vez que aumentan el riesgo de osteoporosis, problemas dentales, renales

y cardíacos entre otras enfermedades. El excesivo consumo de bebidas gaseosas trae como resultado una enfermedad de tipo digestiva llamada gastritis (78)

Dentro de las lesiones dentales más frecuentes asociada a la ingesta excesiva de estas bebidas, podemos citar las manchas blancas y la erosión ácida entre otras. La erosión se ha transformado en una afección común a nivel mundial, principalmente en la población infantil y adolescente, (81) por el alto consumo de bebidas ácidas y carbonatadas que le aportan su efervescencia y bebidas no carbonatadas, como jugos de frutas ácidas.

Las propiedades de un ácido se determinan por la acidez titulable, la cantidad de ácidos realmente presentes (concentración de hidrogeniones o pH) y la fuerza relativa del ácido (o la facilidad con la que el ácido va a liberar iones H^+ el pKa). A diferencia del pH, que mide la acidez de una solución, el pKa es una propiedad intrínseca de una molécula. Es una forma de expresar la constante de disociación ácida. Principalmente, el pKa predice el comportamiento de los ácidos en diferentes condiciones. Así podemos deducir que cuanto más bajo sea el valor del pKa, más fuerte será el ácido. Un pKa bajo indica que el ácido se disocia fácilmente, liberando iones H^+ en la solución por ejemplo el ácido clorhídrico (HCl) que presenta un pKa de aproximadamente -7, es clasificado como un ácido muy fuerte, mientras que el ácido acético tiene un pKa de 4.76, lo identifica como un ácido débil (82).

También se puede predecir el equilibrio en reacciones ácido-base ya que el pKa es crucial para determinar la dirección de una reacción, la cual siempre favorecerá la formación del ácido y la base más débiles. En otras palabras, los protones se moverán del ácido con el pKa más bajo (más fuerte) al ácido con el pKa más alto (más débil). También nos ayuda a comprender los sistemas amortiguadores (buffers) así el pKa de un ácido débil indica el valor de pH en el que el ácido y su base conjugada están en equilibrio (sus concentraciones son iguales). En este punto, la solución tiene su máxima

capacidad para resistir cambios en el pH, concepto fundamental a tener en cuenta en el medio bucal (83).

Las sustancias ácidas no se ionizan completamente, lo más común que puede suceder es que formen iones y exista aún un porcentaje inicial de la sustancia ácida per se. Al equilibrio que existe entre las concentraciones de los iones producidos y la sustancia inicial se le conoce como K_a (constante de equilibrio de ionización ácida). Mientras más fuerte sea el ácido el K_a será mayor (84). También afectan su potencial erosivo los sólidos y los componentes solubilizados de la bebida tales como la reacción de la hidroxiapatita del esmalte con el ácido. El potencial erosivo de una bebida es solo “un potencial” y la erosión real, in vivo, depende de las prácticas de consumo y de los hábitos del paciente. La capacidad erosiva de las diferentes soluciones líquidas se correlaciona significativamente con la cantidad de sustancia requerida para bajar el pH ($pH < 7$) y con su contenido de fosfato y fluoruros (85).

Se entiende por corrosión la pérdida de la superficie dental causada por productos químicos. Existen acciones endógenas y exógenas, fuentes de corrosión. Dentro de las endógenas podemos encontrar el reflujo gastrointestinal o bulimia. El pH de los jugos gástricos ácido clorhídrico y pepsina (enzima proteolítica entre otros) de 3,8 es un factor desencadenante de la pérdida de estructura dentaria (86).

Otra manifestación de biocorrosión es la caries dental donde la acción de ácidos bacterianos produce la desmineralización del esmalte. Cualquier alimento o sustancia con un valor de pH crítico menor de 5,5, puede convertirse en un agente corrosivo y desmineralizar los dientes. (87) (85).

Las bebidas aciduladas comerciales contienen elevada cantidad de ácido cítrico y fosfórico, y las bebidas gasificadas o carbonatadas además dióxido de carbono; ambas bebidas tienen un pH ácido muy por debajo del pH crítico del esmalte. La principal causa del efecto corrosivo en estas bebidas se debe

a las propiedades quelantes o aglutinantes del ion citrato sobre el calcio, y aunque el dióxido de carbono también produce corrosión es mínima en comparación, aunque las bebidas carbonatadas con frecuencia se citan en la literatura como causales de la enfermedad dental. El ion citrato aglutina el calcio de la hidroxiapatita a través de un proceso llamado quelación (88).

La quelación es un tipo de enlace químico en el que una molécula que es el quelante, (en este caso el citrato) se une a un ion metálico (el calcio) formando un complejo estable en forma de anillo. Estructuralmente el citrato es una molécula cargada negativamente que contiene tres grupos carboxilos (COO^-) y un grupo hidroxilo (OH^-) que, por diferencia de cargas es atraído por el ion calcio Ca^{2+} presente en la hidroxiapatita arrancándolo de ella, desestabilizando su estructura. Esto debilita el cristal y facilita la disolución del esmalte, proceso que contribuye a la corrosión dental y las caries (89).

Por su parte el ácido fosfórico afecta los cristales de hidroxiapatita del esmalte a través de un proceso de desmineralización. En un estado de pH neutro, estos cristales son estables. Sin embargo, cuando el pH en la boca desciende (se vuelve más ácido), los iones de hidrógeno (H^+) del ácido fosfórico atacan la estructura de la hidroxiapatita. La disociación de este ácido en boca produce la liberación de estos iones, los cuales reaccionan con los iones fosfato (PO_4^{3-}) e hidroxilo (OH^-) que componen los cristales de hidroxiapatita. Esta reacción extrae los iones calcio (Ca^{2+}) de la estructura del esmalte, debilitándola y disolviéndola. La consecuencia de este proceso es la pérdida de calcio y fosfato de la hidroxiapatita dejando espacios o poros. Este proceso químico es el que se conoce como corrosión dental.

El ácido fosfórico es un ingrediente común en muchas bebidas carbonatadas, por lo que su consumo regular puede contribuir significativamente a este tipo de daño.

El dióxido de carbono (CO_2) no ataca directamente el cristal de hidroxiapatita del esmalte, pero lo hace de forma indirecta al reaccionar con el agua.

Cuando el dióxido de carbono se disuelve en agua, forma ácido débil, llamado carbónico (H_2CO_3). En presencia de agua este ácido, libera hidrogeniones y bicarbonatos HCO_3^- . Los primeros reaccionan con los cristales de hidroxiapatita del esmalte, extrayendo los iones de calcio y fosfato de su estructura. La desmineralización, disuelve el esmalte y lo deja vulnerable a las caries.

El potencial corrosivo de estas bebidas está regulado por la capacidad buffer salival y la frecuencia de consumo de este tipo de bebidas (90).

La saliva contiene compuestos buffer como bicarbonatos, fosfato de calcio y proteínas unidas al calcio como prolina y estaterina que neutralizan la acidez del medio e inducen a la remineralización manteniendo el sistema en equilibrio (91) (92), (93).

La desmineralización ácida se produce debido a que el valor del pH, calcio, fosfato y fluoruros contenidos en una bebida o producto alimenticio determina una alteración en el equilibrio mineral del diente. En consecuencia, los ácidos, tales como el cítrico entre otros, pueden ser muy perjudiciales para la superficie del diente (94). Las bebidas no carbonatadas, como los jugos de fruta o las bebidas con alta concentración de azúcar, contienen ácidos orgánicos como el cítrico (naranja), tartárico (uvas), maleico (manzana) y ascórbico (vitamina C), los cuales presentan un bajo pH (95). La desmineralización por sustancias ácidas se manifiesta con bastante frecuencia en la actualidad y concluye con la pérdida del esmalte. Pero toda acción va acompañada de su correspondiente reacción, en este caso, la remineralización.

La remineralización es un proceso donde el calcio, fosfato y otros iones se depositan en la superficie o dentro del esmalte parcialmente desmineralizado.

La mayor parte del material que se deposita en el interior de la lesión es hidroxiapatita con una pequeña proporción de fluoruro de calcio. La remineralización completa de la superficie, impide la formación de cristales en las microcavidades más profundas, dando como resultado una superficie hipermineralizada de esmalte, retardando el efecto cariogénico y manteniendo el potencial de remineralización de la unidad estructural. Este proceso sucede cuando el pH es neutro.

Al conocer los efectos nocivos del ácido cítrico y otras sustancias ácidas sobre las estructuras dentales, el diseño experimental de este trabajo de investigación se orientó a evaluar la posible degradación que sufrirían las resinas infiltrantes por el consumo frecuente de bebidas gaseosas y alimentos ácidos.

Etanol

El alto consumo de bebidas alcohólicas y el contenido de alcohol presente en la formulación de un gran número de enjuagues bucales, generó la inquietud de evaluar su acción sobre el esmalte dental y los materiales de restauración resinosa. El alcohol en los colutorios se utiliza como vehículo disolvente de sus principios activos. De forma añadida, les aporta sus propiedades antisépticas, además de ser un conservante activo de los componentes de la formulación (96).

Las bebidas de consumo más frecuente contienen una importante graduación alcohólica, la cual mide la concentración de etanol en 100 volúmenes de producto. Suele medirse en porcentaje, y a cada unidad de ese valor corresponde una unidad de graduación alcohólica. Por lo tanto, mientras más alta sea la graduación de una bebida mayor será su contenido de alcohol.

Debemos tener en cuenta que la graduación alcohólica de las bebidas fermentadas (como la cerveza, el vino o la sidra) oscila entre los 3.5 a los 15 grados, mientras que la graduación de las destiladas (tequila, whisky, coñac, vodka, brandy, etc.) entre los 15 y los 45 grados.

Muchos adolescentes consumen bebidas alcohólicas junto con bebidas energéticas. Varios estudios han demostrado que consumir ambas bebidas juntas reduce la percepción de presencia de intoxicación y aumenta el deseo de beber (97). El rango del pH de las bebidas deportivas más consumidas como Gatorade y Powerade es de 2.67 a 2.99; de bebidas energéticas varía entre 2.47 a 3.97; y de bebidas alcohólicas como cerveza o whiskey entre 3.7 y 4 (98). Este bajo nivel de pH podría generar alteraciones estructurales de las restauraciones dentales como disminución en su microdureza y aumento de rugosidad, parámetros importantes que definen la longevidad de una restauración de resinas compuestas (99).

El alcohol al 70% tiene un efecto antimicrobiano como desinfectante, pero en estudios específicos sobre resinas compuestas no elimina completamente la contaminación microbiana; su efectividad reduce proporcionalmente la carga microbiana pero no la elimina totalmente. En cuanto a su interacción con las resinas infiltrantes, se ha observado que el uso de etanol como agente desecante de la dentina puede disminuir la viscosidad de la resina infiltrante y mejorar su penetración debido a la reducción del ángulo de contacto, lo que favorecería una mejor infiltración de monómeros en el esmalte desmineralizado.

Por otro lado, en las restauraciones dentales de resinas compuestas, el alcohol puede afectar su matriz orgánica ablandándola y afectando la superficie y la microdureza superficial, comprometiendo la integridad de la restauración (100).

La resina dental se compone de una matriz orgánica, inorgánica o partículas de relleno, mientras que el alcohol es un compuesto totalmente volátil que degrada diferentes compuestos químicos. La matriz orgánica contiene monómeros alifáticos, aromáticos y adicionalmente monómeros bifuncionales de peso molecular bajo. Su polimerización o endurecimiento da lugar a cadenas de polímeros con alto nivel de entrecruzamiento resultando en matriz orgánica totalmente rígida que ante el calor o determinados solventes tales como alcohol o agua resiste a la degradación o ablandamiento de la misma (101) (102).

La degradación química de las resinas dentales polimerizadas ocurre principalmente por la ruptura de enlaces químicos en la red polimérica, especialmente los enlaces ésteres presentes en los monómeros metacrilatos (103).

Estudio del color

A lo largo del tiempo, el ser humano se ha preocupado por obtener una apariencia física agradable. Hoy está en boga un creciente proceso de culto a la estética dental. Este motivo, día a día incrementa la demanda de tratamientos que, además de rehabilitar morfofuncionalmente al diente, devuelven el aspecto natural o incluso mejoran al paciente (104).

La necesidad actual de tener sonrisas estéticamente agradables ha motivado el desarrollo de técnicas cuya finalidad es mejorar el aspecto de los dientes, incluyendo su color. El color es un componente esencial en nuestro ambiente y está asociado con ciertos sentimientos, emociones y significados. Estas asociaciones están relacionadas tanto por la cultura como por nuestras propias experiencias (105) (106) .

El color, transmite emoción y afecta la energía produciendo un impacto

emocional que puede gustarnos o angustiarnos (107), (84):

Aunque el color es solamente uno de los tantos aspectos que se necesitan para lograr un buen resultado estético en las restauraciones, un tono diferente al dentario puede ser mucho más devastador que otros factores involucrados (108).

Es por esta razón que se ha invertido mucho tiempo investigando la reproducción del color dental y hoy sigue siendo un desafío para los profesionales clínicos y técnicos protésicos. En la elección del color del diente debe tenerse siempre en cuenta el hecho que la dentina combina varios colores y grados de opacidad y que el esmalte puede ser translúcido u opaco (109).

Cuando observamos el color de un cuerpo su tono variará en función de la iluminación y de los objetos que lo rodean. La oscuridad absoluta carece de color y solamente podemos ver el color real de un objeto cuando está iluminado por luz natural. Para conocer cómo influye la luz en la toma del color, es necesario conocer su mecanismo de acción (110).

Interpretar el color es un concepto complicado pues involucra características de las ondas electromagnéticas (factor objetivo) de la luz y una sensación que percibe el observador (respuesta subjetiva). La sensación visual es susceptible a múltiples variaciones y es allí donde aparece la ilusión óptica. El cerebro humano no percibe los colores como son sino como están relacionados con su alrededor (111).

Al igual que la longitud de onda, el color es cuantificable por métodos objetivos. Sin embargo, el color es un fenómeno subjetivo debido a que el ojo humano funciona como una máquina de análisis espectral. Por lo tanto, son muchas las variables que pueden influir en la percepción del color y aunque esto puede llegar a estar en contra del operador a la hora de seleccionar un

color en boca, puede también estar a favor cuando hablamos de ilusión y de imitar lo natural (112), (113), (114).

El fenómeno color como sabemos es producido objetivamente por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales y que depende de una longitud de onda reflejada sobre el objeto. La luz visible natural es una forma de energía y representa un sector reducido de las radiaciones electromagnéticas solares cuyas longitudes de onda varían desde las más pequeñas a las de varios metros (Fig.1) (115).

El ojo humano detecta solamente una franja de esa luz visible (comprometida entre 380 y 780 nm de longitud de onda aproximadamente) que estimula fotorreceptores de la retina (116). Este pequeño segmento de radiaciones se conoce como espectro visible o luz. La radiación infrarroja está presente junto a la luz roja, mientras que la radiación ultravioleta se puede observar junto a el color violeta (117).

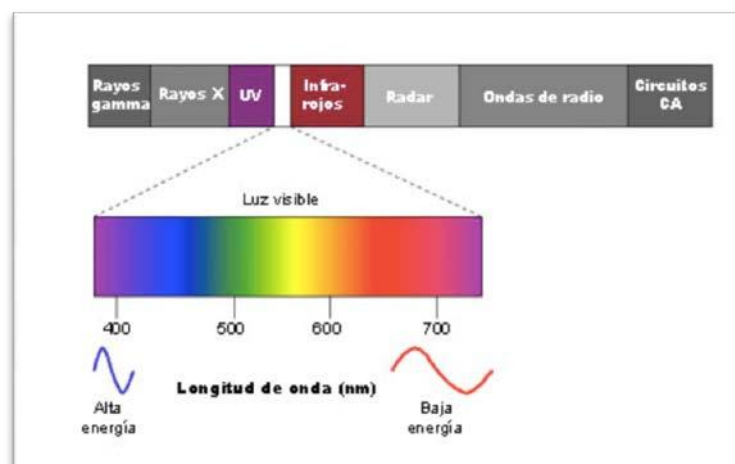


Fig. 1: Luz visible

De la serie de colores que componen el espectro visible se diferencian: colores primarios, secundarios y terciarios. Los primarios o puros son tres: rojo, verde y azul y constituyen el denominado sistema RGB (red, green, blue) Fig.2, no pueden ser obtenidos por la mezcla de otros. Se obtienen naturalmente de la descomposición de la luz solar y artificialmente por la emisión de luz a través de focos de determinada longitud de onda (115).



Fig.2 SISTEMA RGB

Los tonos secundarios se obtienen mezclando partes iguales de dos primarios. Estos son: magenta, cian y amarillo Fig. 3. La suma de los 3 determina el color gris neutro en lugar del blanco como los primarios aditivos.

COLORES LUZ MEZCLA ADITIVA		
PRIMARIOS	SECUNDARIOS	SUMA
Rojo	Magenta = Rojo + Azul	Blanco
Azul	Cian = Azul + Verde	
Verde	Amarillo = Verde + Rojo	

Fig.3 Serie de colores primarios

El color se forma por sustracción de una longitud de onda determinada, reflejando el color o los colores no absorbidos. Esta es la concepción sustractiva del color. En Odontología se usa esta técnica sustractiva para la obtención de los colores de los materiales estéticos como cerámicas y resinas (115).

Los colores terciarios se obtienen por la mezcla en partes iguales de un tono primario y un secundario adyacente.

Para objetivizar y medir los colores en el mundo, la Comisión Internacional de la Iluminación, conocida por sus siglas en francés como CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), autoridad internacional en temas relacionados con la luz, la iluminación, el color y sus espacios (fundada en 1913 con sede en Viena, Austria), define el color en el espacio CIE Lab* (también llamado CIELAB).

Utiliza un modelo tridimensional que representa la percepción de los distintos colores a través del ojo humano. Se encarga de establecer recomendaciones específicas para asegurar la estandarización en estos campos. Su modelo describe los colores con tres parámetros (Fig. 4):

- **L***: luminosidad o claridad del color, con valores que van de 0 (negro) a 100 (blanco).

- a^* : posición en el eje rojo-verde, donde valores positivos indican tonos rojizos y valores negativos tonos verdes.
- b^* : posición en el eje amarillo-azul, con valores positivos para tonos amarillos y negativos para tonos azulados.

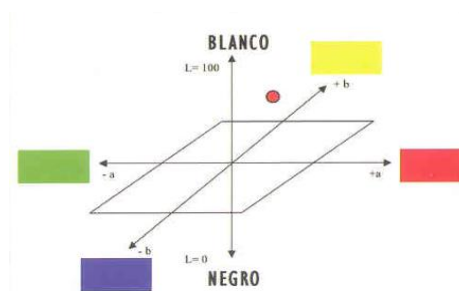


Fig.4 Modelo de CIE Lab (115)

Este espacio tridimensional Lab (Fig.5) está representado por una esfera que presenta un eje vertical, el valor (L) o claridad. Este eje tiene en su extremo inferior el valor 0 equivalente al negro y en su extremo superior el valor 100 equivalente al blanco. Entre ambos existen toda la diversidad de tonalidades grises. Un color mientras más cerca esté del 100 más claro será y si se acerca más al 0 más oscuro será.

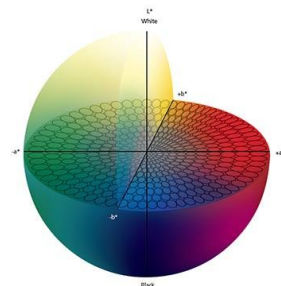


Fig. 5: Espacio tridimensional de CIE Lab

Otros dos ejes que presenta esa esfera Lab son el “a” y el “b” los cuales definen tono y saturación al mismo tiempo. Lo podemos observar cuando cortamos la esfera Lab. Los colores que más cerca estén del centro de esta más claro serán y cuanto más lejos del centro, el color será más vivo, más saturado. La dirección de los ejes también define el color ya que el eje “a” acotado entre los valores “+a” (rojo), “-a” (verde) representan las tonalidades oscilantes entre el rojo y el verde y en otro eje “b” los valores “+b” (amarillo), “-b” (azul), que corresponden a todas las tonalidades oscilantes entre el amarillo y el azul.

Estas 3 variables pueden medirse y estandarizarse actualmente en los consultorios con instrumentos digitales (colorímetros y espectrofotómetros). La novedad radica en que estos instrumentos se pueden calibrar para asignar valores numéricos a esas 3 variables independientes. De esta forma se podrá registrar el color de una pieza dentaria, en forma global, o por sectores, reconstruyéndolo según este registro con un material estético como la cerámica dental y corroborar la exactitud de la restauración con el mismo instrumento antes de su instalación en boca (118).

El tono de la pieza dentaria y del material de restauración puede medirse mediante este sistema y la diferencia entre uno y otro se evalúan a través de la siguiente fórmula:

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$$

Donde:

- ΔL^* es la diferencia en luminosidad entre dos colores.
- Δa^* es la diferencia en la coordenada rojo-verde,
- Δb^* es la diferencia en la coordenada amarillo-azul.

Este cálculo representa la distancia total en el espacio de color CIE Lab* entre dos colores, aproximando la diferencia perceptible para el ojo humano.

Con el objetivo de estandarizar las coordenadas de color , facilitar el intercambio de información y la comparación entre laboratorios, la Comisión (CIE) recomienda utilizar patrones tanto para el observador como para la fuente de iluminación. De esta forma la especificación del color sólo dependerá de la reflectancia espectral (o transmitancia espectral, en su caso) del objeto.

Juega un papel importante en la toma del color las condiciones ambientales y horarias que hacen que esta fuente luminosa varíe su composición. Es necesario definir una radiación que represente a la luz diurna normalizada, una distribución espectral constante para la medida del color, para ello la Comisión (CIE) propuso el uso de iluminantes o blancos de referencia (119) , en todos aquellos procesos que exijan una correcta percepción cromática. Entre ellas, las denominadas fuentes de luz día, que son fuentes fluorescentes de luz corregidas, ofrecen temperaturas de color de 5000° a 6500°K, y se conocen comúnmente como luz día D50 y D65 respectivamente. (120) Fig. 6

El concepto de temperatura de color se define como la relación entre la temperatura de un cuerpo (cantidad de energía que emite) y el color que percibimos. De tal manera que, cuanto más alta es la temperatura del objeto, tanto más amplio se hace el espectro de radiación que emite y, por tanto, se modifica el color que percibimos. Asimismo, también hay que tener en cuenta que diferentes temperaturas de color de la luz dentro de un mismo ambiente pueden variar la percepción del objeto a examinar (120).

Es importante hacer referencia a las diferencias entre los conceptos de fuente de luz e iluminante. Fuente de luz es la emisión de radiación electromagnética visible y el Iluminante es la especificación de una fuente de luz correcta. Es una construcción matemática que no puede realizarse físicamente en forma

de fuente de luz. El iluminante D 65 es uno de los iluminantes estándares propuestos por CIE dentro de la serie D de iluminantes (aquellos que describen situaciones de iluminación al mediodía en distintas latitudes del mundo). El iluminante D65 describe las condiciones medias de iluminación al mediodía en Europa Occidental y contiene una proporción relativamente alta del componente UV. En este trabajo de investigación se calibró el espectrofotómetro con iluminante D65 el cual es una mezcla de luz solar y cielo nublado (con presencia ultravioleta) y temperatura de color de 6.500 °K. (121).



Fig. 6 Temperaturas del color

El color también está sujeto a las bebidas de consumo de los individuos. La gran variedad de pigmentos que se encuentran en el vino rojo confunde la predicción del viraje de color de los ejes a y b.

El alcohol y bajo pH pueden promover el reblandecimiento (122) de las cadenas poliméricas lo cual favorece la adsorción de pigmentos en la superficie del material al igual que los taninos.

Estudio de la fluorescencia

La creciente demanda de pacientes con restauraciones estéticas de mínima

intervención obliga al profesional a conocer una de las propiedades del color que más afecta la óptica cuando no se está o es reducida en el material restaurativo: la fluorescencia, que permite que una resina se acerque más al color, y al brillo natural del diente. Para definirla podemos decir que fluorescencia es el efecto luminoso que un material irradia dentro de un espectro visible de luz, es decir la parte del espectro electromagnético que el ojo humano puede percibir (123).

Se sabe que tanto la dentina como el esmalte son estructuras fluorescentes (124) , sin embargo, en la dentina esa característica es tres veces más acentuada (125) , debido a la mayor cantidad de contenido orgánicos, a la cantidad de fibras colágenas fotosensibles a los rayos luminosos (126) y a las proteínas amelodentinarias que posee.

La razón por la cual en el esmalte esta propiedad no es tan notoria, se debe a su baja composición orgánica, por ello el esmalte es una cubierta muy compleja de entender respecto a su acción frente a la luz, ya que su alto contenido inorgánico, su estructura de varillas, su disposición irregular y los espesores diferentes sobre la dentina, lo hacen ser un cuerpo semitranslucido y muy luminoso que deja atravesar parcialmente el color de la dentina (127)

El color observado de un diente resulta de la combinación de los efectos de la interacción de la luz con la dentina y el esmalte (128). Los dientes fluorescen con un estímulo en el rango de 340 a 350 nm de longitud de onda que corresponde a la luz UV del espectro no visible. Esto sucede porque los tejidos dentales absorben la energía de la luz ultravioleta y la reemiten casi de inmediato en una longitud de onda mayor de 440 a 430 nm, que es visible para el ojo del operador.

Esta emisión de luz sobre los dientes comprende desde un blanco intenso, hasta un azul claro, potenciando la vitalidad de los mismos, y haciendo que parezcan más blancos, y claros. Los pacientes pueden exponerse a lo

largo del día a diversas luces, tales como: la luz natural, luz negra, luz LED, lámparas halógenas, luces de neón y al flash fotográfico, las cuales producen cambio de color sobre los dientes naturales y también restaurados (129).

Debemos tener presente que cada paciente tiene una fluorescencia diferente, y que los tercios de cada pieza dentaria a su vez tienen grados distintos de fluorescencia, por ejemplo: el tercio cervical tiene mayor fluorescencia que el incisal, debido a que el esmalte es más delgado permitiendo que se vea a través de él la mayor fluorescencia de la dentina. Por el contrario, en incisal hay una capa más gruesa de esmalte donde no se aprecia tanta intensidad de fluorescencia emitida por la dentina (130).

Los tejidos duros dentales pueden sufrir una cantidad de estímulos nocivos que conllevan a la pérdida de la estructura, ya sea de una forma grave, en el caso de un trauma, o más crónicamente, la erosión o atrición incisal, modificando su fluorescencia.

Las resinas infiltrantes como cualquier material polimérico, además de las propiedades físicas y mecánicas deben proporcionar los parámetros ópticos de una restauración estética tales como: el matiz, el croma, el valor, la opalescencia, la translucidez, el brillo, el metamerismo, la opacidad y la fluorescencia con el fin de alcanzar la naturalidad del diente (131). Para lograr la similitud de la fluorescencia de los dientes naturales, se han adicionado productos luminóforos del grupo de las tierras raras de la tabla periódica como: europio, terbio y cerio en la composición.

Con el fin de crear una restauración que se semeja verdaderamente a la dentición natural, se requiere un material de alta fluorescencia la cual se relaciona directamente con la cantidad de componente ultravioleta que presenta la luz incidente. La fluorescencia dental se mide con dispositivos

específicos que emplean luces de longitud de onda particular, principalmente luz ultravioleta o luz azul (132).

El análisis de la fluorescencia se realiza utilizando un espectrofotómetro colorimétrico CM 2600d (Konica Minolta, Osaka, Japón), donde se calcula la diferencia de fluorescencia (ΔF) con o sin la inclusión del componente UV (ultravioleta). La diferencia de fluorescencia se calcula por la siguiente formula:

$$\Delta E^*FL = [(L_{c/UV} - L_{s/UV})^2 + (a_{c/UV} - a_{s/UV})^2 + (b_{c/UV} - b_{s/UV})^2]^{1/2}$$

La medición espectrométrica de la fluorescencia es calibrada generalmente con el iluminante D65 para simular la luz del día (126). La temperatura de color y el componente UV junto con la luz diurna varía durante el día, siendo más baja (más roja) al amanecer y al atardecer y más alta (más azul) al mediodía.

La resina de infiltración de caries ICON (Infiltration concept) se usa para tratar lesiones de mancha blanca incipientes, que a menudo son un signo temprano de desmineralización del esmalte. La ausencia de fluorescencia en la resina en sí misma es una característica deseada. Durante el tratamiento, se prefiere que la resina no interfiera con la capacidad del dentista para usar la fluorescencia como herramienta de diagnóstico (133).

Estudio del brillo

El brillo es una propiedad óptica que indica como una superficie refleja la luz en una dirección especular, es decir, de forma similar a un espejo. Es la manifestación visual de la reflexión directa de la luz, donde el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Esta propiedad depende de varios factores como el índice de refracción del material, la topografía y textura de la superficie que es iluminada, y el ángulo con que la luz incide sobre ella (134).

El brillo se puede observar cuando una superficie es lisa y pulida, lo que permite que mucha luz se refleje en una dirección determinada, produciendo un efecto visual de nitidez y resplandor. A diferencia de las superficies rugosas que dispersan la luz en varias direcciones, reduciendo el brillo que se percibe.

Los brillómetros son instrumentos ópticos esenciales en el control de calidad. Son empleados en industrias que elaboran pinturas, plásticos, en la industria automotriz y de embalaje, para asegurar que los productos cumplan con los estándares de brillo deseados. Hay dispositivos que miden con precisión superficies curvas o pequeñas áreas (135).

Los ángulos comunes para medir el brillo son 20°, 60° y 85°, y se usan según el nivel de brillo y tipo de superficie

- 60° es el ángulo universal para la mayoría de las superficies.
- 20° se usa para superficies de alto brillo (más de 70 unidades de brillo en 60°).
- 85° se usa para superficies mate o de bajo brillo (menos de 10 unidades en 60°).

El brillo se expresa en Unidades de Brillo (Gloss Units, GU), normalizadas según patrones de referencia certificados. Los brillómetros deben calibrarse con estos patrones.

La boca sufre estrés térmico y fluctuaciones de pH en forma continua por el consumo de alimentos y bebidas, lo que puede afectar las propiedades superficiales de los materiales resinosos. Esto lleva a una decoloración a largo

plazo. Con el tiempo, las restauraciones dentales directas, en especial los compuestos de resina pueden exhibir desgaste superficial y desprendimiento de la matriz de relleno, que resulta en la formación de huecos (136).

En laboratorio, el envejecimiento del material dental generalmente se evalúa a través de factores como el aumento de la sorción de agua, la rugosidad de la superficie y los cambios de color, junto con la reducción de la resistencia y la dureza (137).

El pulido de las resinas compuestas es uno de los pasos relevantes de la odontología restauradora, ya que determina efectos clínicos favorables como la estética final, duración de la restauración, resistencia al desgaste y susceptibilidad a la colonización bacteriana.

Para cuantificar el proceso en forma objetiva, se han creado diferentes métodos que miden variables como la rugosidad superficial (Ra), el grado de brillo o la pérdida de material derivada del desgaste mecánico del mismo (138). Ejemplos de ello es la perfilometría óptica que permite la determinación de microrrelieves de la superficie de las restauraciones; la microscopía electrónica de barrido (SEM) que estudia la textura y la homogeneidad de la estructura analizada; o las unidades de reflectancia que proporcionan la cuantificación del grado de brillo y la retención de este (139).

La rugosidad superficial (Ra) es uno de los factores que, de forma muy importante, van a intervenir en la adherencia de la biopelícula, en la abrasividad funcional y, al final, en la integridad mecánica de la propia restauración. Una restauración mal pulida puede desarrollar caries secundaria (140).

Para contrarrestar esta consecuencia desfavorable, se han desarrollado múltiples protocolos de pulido en uno o varios pasos, por ejemplo: con

sistemas de discos de óxido de aluminio, copas de silicona o pastas pulidoras abrasivas (141).

La eficacia de la técnica utilizada depende del protocolo de pulido sugerido, debe evaluarse con métodos científicos estandarizados, ya que estos métodos permiten no solo determinar el grado de rugosidad residual, sino también la evaluación estructural y estética del acabado en la superficie restaurada, por ejemplo, el brillo.

Otros factores como la composición del material restaurador (nanohíbrido, nanorrelleno, bulk-fill, resinas infiltrantes), el protocolo clínico utilizado, y la exposición a algún tipo de fuerzas abrasivas —como el cepillado— también determinan los resultados del pulido que deben ser sistemáticos y estandarizados (142), (143), (144). Por ejemplo, las resinas nanorrellenas y las nanohíbridas, evaluadas mediante perfilometría y reflectancia, dieron los mejores valores tanto de suavidad como de retención del brillo. Al contrario, las resinas de bulk-fill muestran elevados valores de Ra y un descenso acelerado del brillo mediante la utilización de protocolos de un solo paso.

Para lograr una apariencia estética y obtener un acabado correcto las resinas infiltrantes se pulen. Aunque la técnica de infiltración es mínimamente invasiva y no requiere un tallado extensivo del diente, siempre pueden quedar excesos de resina o irregularidades superficiales después de la aplicación. Estas imperfecciones deben ser eliminados porque pueden retener placa bacteriana o cromóforos de los alimentos, adquiriendo una coloración indeseable y pérdida de brillo. Además, el pulido elimina la capa inhibida que presentan todos estos materiales poliméricos, la cual es habida de enlazarse al oxígeno del medio como a los pigmentos de bebidas y alimentos. El pulido obtenido en la superficie de las resinas infiltrantes le otorga el brillo necesario para mimetizar la zona tratada con el esmalte circundante, además de prolongar la vida útil de estos materiales en boca (145).

CAPITULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño metodológico fue: observacional, descriptivo con ensayos in vitro con un n muestral de 45.

Delineamiento experimental

Se obtuvieron 45 bloques de esmalte bovino, con 3 mm de diámetro sobre los cuales no se realizó ningún tratamiento y fueron etiquetados con la sigla M1. Se realizó el primer control de microdureza. A continuación, estos fueron sometidos a la formación de lesiones de caries artificiales (manchas blancas) (M2), introduciéndolos en una solución desmineralizadora. Se midió microdureza nuevamente. Luego todas fueron tratadas con resinas infiltrantes (M3) (Icon), DMG, Hamburg, Germany). Se realizó la tercera medición de microdureza. Los resultados se tabularon y se analizaron estadísticamente.

Posteriormente todas estas muestras tratadas con resina infiltrante fueron aleatoriamente subdivididas en tres grupos con un n=15 para cada grupo, a las que se les practicó distintos tratamientos:

GRUPO 1 - Mantenimiento en saliva artificial. Grupo control.

GRUPO 2 - Envejecimiento químico con ácido cítrico a 0.02M

GRUPO 3 - Envejecimiento químico con etanol al 70%.

El grupo 1 mantenido en saliva artificial fue utilizado como grupo control, el grupo 2 fue sometido a envejecimiento químico con ácido cítrico 0,02M, para simular la degradación causada por bebidas ácidas, frutas y vegetales, según el protocolo propuesto por la FDA 2008 (146), mientras que en el grupo 3 los especímenes fueron sometidos al envejecimiento químico en etanol 70% con el fin de simular la degradación del material causada por el alcohol presente en bebidas alcohólicas y enjuagues bucales, entre otras.

A continuación del envejecimiento, los bloques se sometieron a un primer análisis de color, fluorescencia y brillo. Finalmente, la superficie de cada bloque envejecido fue manchada con caldo de tinción a 37°C conteniendo diferentes colorantes y analizadas nuevamente de acuerdo a las propiedades de color, fluorescencia y brillo finales.

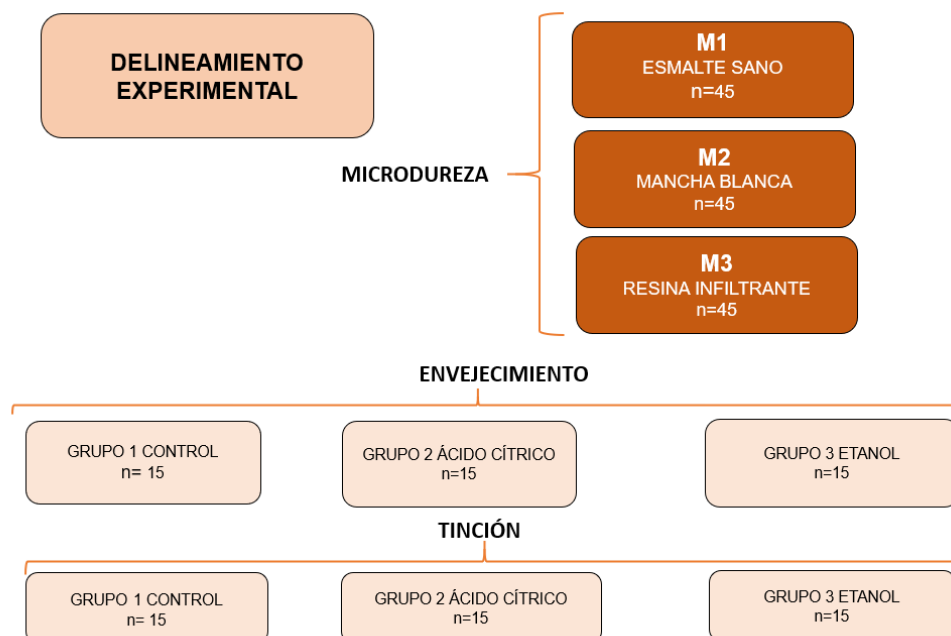


Diagrama 1: Diseño de la investigación

Obtención de los bloques

Incisivos centrales, laterales y caninos de bovinos sanos fueron seleccionados y mantenidos en solución de timol 0.1% pH 7, hasta la preparación de las muestras. La porción coronaria y radicular fueron separadas con un corte perpendicular al eje longitudinal del diente a la altura de la unión cemento – esmalte, utilizando un disco diamantado montado en un torno odontológico de baja rotación. Después de su separación, las coronas se fijaron a la base de

un cortador de muestras circulares con la faz selecta hacia arriba. Las coronas dentarias se cortaron con un taladro diamantado trefino (Dinser Ferramentas Diamantadas Ltda., Sacomã, SP, Brasil) (Fig. 7) montada en una perforadora de mesa FGC-16 (Ferrari, São Paulo, SP, Brasil), con irrigación constante, de 3 mm de diámetro, en la porción central de la misma, para que las muestras obtenidas tuvieran esmalte y dentina. (Fig. 8 – 9)



Fig. 7: Taladro Dinser Ferramentas Diamantadas Ltda



Fig. 8: Dientes bovinos



Fig. 9: Muestras obtenidas

Para planificar y estandarizar la altura de los especímenes, se utilizó un calibre electrónico Starret Tools (Fig. 10) en forma permanente mientras se procedía

a pulir las muestras. Éstas se introdujeron en un dispositivo metálico circular (Fig.11) con un orificio de 3 mm de diámetro y altura estándar de 2 mm para que los especímenes presentaran todo un espesor de 1 mm de esmalte y 1 mm de dentina. Se alisaron en lijadora (Extec Corp, CT, USA) (Fig. 12) con discos que contenían como abrasivo carburo de silicio, de granulación decreciente: 600 y 1200 micras a 600 rpm por 30 segundos, 2400 micras durante 60 segundos y 4000 micras durante 120 segundos con abundante agua.

A continuación, se lavaron y analizaron en estereomicroscopio (Discovery V20, Karl Zeiss, Jena, Alemania) descartando las muestras que presentaban grietas o imperfecciones. Los especímenes se llevaron a tubos tipo Eppendorf enumerados, conteniendo 2 ml de saliva artificial con pH 7 durante 14 días para rehidratación y estabilización de posibles cambios minerales.



Fig. 10: Calibre electrónico Starret Tools



Fig. 11: Pulidor circular Extec Corp, CT,USA



Fig. 12: dispositivo circular

Los bloques recolectados fueron embutidos en resina de baja viscosidad flowable (Opallis Flow de FGM) (Fig. 14) dentro de orificios de 6 mm de diámetro por 3 mm de profundidad que se practicaron sobre un molde de silicona (Fig. 13). Cada orificio tenía en su interior una cavidad de 1 mm de profundidad y 3 mm de diámetro donde fue insertado el espécimen circular. Así, al final de la polimerización las muestras embutidas tenían proyección de 1 mm de esmalte, que fue posteriormente desgastado



Fig. 13: Matriz de silicona



Fig. 14: Muestras con resina Flow

Los especímenes fueron lavados con agua ultra purificada en ultrasonido por 5 minutos entre cada cambio de lija, con el objetivo de remover residuos de

granos abrasivos. Después del término de la preparación, los especímenes fueron analizados en estereomicroscopio (Discovery V20, Karl Zeiss, Jena, Alemania) Los que presentaron grietas o imperfecciones fueron descartados. Se mantuvieron en heladera sumergidos en timol al 0.1 % hasta su utilización.

Formación de la lesión de caries artificial

Lesiones iniciales de caries fueron realizadas en la superficie de esmalte de los especímenes utilizando el protocolo de Queiroz et al. (147) de modo que la pérdida mineral ocurrió subsuperficialmente. Para lograr este resultado los especímenes fueron inmersos individualmente por 32 horas en solución desmineralizante conteniendo 0,05% de tapón acetato, 1,4 mM de calcio, 0,91 mM de PO_4 y 0,06 μg F/mL. La solución mostró un pH 5,0 y fue utilizada en la proporción de 6,25 mL/mm².

Tratamiento de lesiones con resinas infiltrantes

Se realizó profilaxis con agua y piedra pómez en todos los especímenes previamente al tratamiento con Icon. Luego el producto fue aplicado con la siguiente secuencia:

- Ácido fosfórico por 10 segundos, seguido por enjuague y secado durante 30 segundos
- Icon-Dry (etanol) por 30 segundos seguido de secado por 30 segundos.
- Icon-Infiltrant, primera capa, se frotó, se esperó 3 minutos que infiltre y se polimerizó por 40 segundos con lámpara Valo a 2 intervalos de 20 segundos cada uno. A continuación, se colocó la segunda capa de Icon-Infiltrant se esperó 1 minuto y se fotopolimerizó por 40 segundos.

Concluido el protocolo de aplicación de la resina se tomó color, fluorescencia y brillo de todas las muestras.

Estudio de microdureza

La observación de la microdureza se hizo a 10x y 50x. En los especímenes saludables, se realizó un análisis de microdureza superficial (SHM) con diamante Knoop (Fig.15). Tres indentaciones fueron realizados en el centro de cada espécimen con carga de 25 grs. por 5 segundos (Fig 16) y con espaciamiento lateral de 100 μ m entre cada una. Fue calculada a media $\pm$ 10% de los 3 valores de cada espécimen.



Fig. 15: Microdurómetro Futuretech modelo FM 700

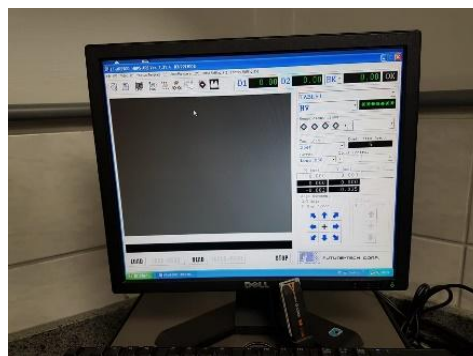


Fig. 16 Monitor Calibrado



Fig. 17 Posición del Indentador en la muestra

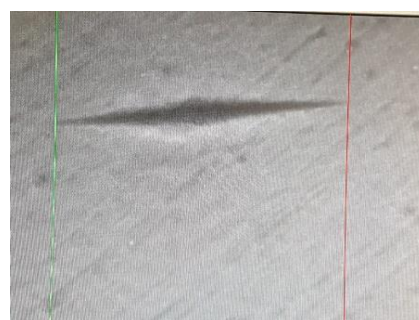


Fig. 18 Marca en la muestra

Luego de la desmineralización se formó la mancha blanca artificial (M2). Se realizó una nueva toma de microdureza y finalmente una vez infiltradas las

muestras (M3) nuevamente fue tomada la microdureza, con las mismas especificaciones que las tomas anteriores (Fig.17-18).

Envejecimiento químico

Los 45 especímenes fueron divididos aleatoriamente en 3 grupos de 15 muestras cada uno: 15 fueron sumergidos en saliva artificial asignándole a este grupo el número uno (control), según el protocolo experimental propuesto hasta que todos los otros especímenes fueran envejecidos y estuvieran listos para la tinción. La solución de saliva artificial se cambió diariamente.

Otras 15 muestras fueron sometidas a envejecimiento químico con etanol al 70% con el fin de simular la degradación del material causada por el alcohol presente en bebidas alcohólicas y enjuague bucal. A este grupo se le asigna el número 2. Se practicaron 3 ciclos de 30 minutos cada uno con intervalo de 30 minutos entre cada ciclo. Este protocolo equivale a 3 meses de uso diario de enjuague bucal.

Finalmente, otras 15 muestras se sometieron a envejecimiento durante 7 días, con ácido cítrico 0,02M, que se encontraba previamente en la heladera a 37°C para simular la degradación causada por bebidas ácidas, frutas y vegetales, según el protocolo propuesto por la FDA (1976). A este subgrupo se le asignó el número 3. Análisis de color, fluorescencia y brillo se realizó en estas muestras envejecidas.

Tinción

Luego del tratamiento infiltrante, las muestras envejecidas con ácido cítrico y etanol junto con el grupo control fueron inmersos en caldo de tinción que contenía: 24 g de café; 24 g de té negro; 5,28 ml de colorante alimentario rojo nº 40, 5,28 ml de colorante alimentario amarillo nº5 y 665,6 ml de vino tinto (adaptado de protocolo de Wozniak) (148). Los especímenes fueron teñidos durante 14 días bajo constante agitación.

Estudio del color

La medición de color fue realizada utilizando un dispositivo denominado espectrofotómetro CM 2600d (Konica Minolta, Osaka, Japón), (Fig. 19 a y b). El color y la distribución espectral se midieron de acuerdo al sistema CIE L^*a^*b , a través del software SpectraMagic NX (Konica Minolta, Osaka, Japón). El iluminante padrón D65 fue regulado a modo de reflectancia (con o sin inclusión ultravioleta), el ángulo del observador de 2° y la reflexión especular incluida (SCI). La lectura se realizó utilizando un área de 3 mm y de iluminación de 6 mm (Small Área View).

Antes de la lectura, el aparato fue calibrado con un fondo negro y un fondo blanco con un dispositivo proporcionado por el fabricante junto con el espectrofotómetro. Los especímenes se secaron cuidadosamente con papel absorbente (sin resecarlos) e inmediatamente posicionados en el instrumento para la lectura del color.

El equipo fue ajustado para realizar tres lecturas consecutivas, calculando los valores medios de L^* , a^* y b^* . Las lecturas se realizaron en los grupos de mancha blanca infiltrada en saliva artificial, envejecimiento con ácido cítrico y etanol y los mismos grupos luego se sumergieron en caldo de tinción. Los valores de alteración general de color (ΔE) fueron calculados utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta E^*=[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

Diagrama 2: formula diferencial de color



Fig. 19: a Espectrofotómetro CM 2600d.



Fig. 19 b: Vista inferior y lateral

Estudio de la fluorescencia

El análisis de la fluorescencia fue realizado utilizando el mismo dispositivo espectrofotómetro CM 2600d (Konica Minolta, Osaka, Japón), donde fue calculada la diferencia de fluorescencia (ΔF) por la inclusión o exclusión del componente UV en el iluminante D65. La diferencia de fluorescencia fue calculada por la siguiente formula:

$$\Delta E^*FL = [(L_{c/UV} - L_{s/UV})^2 + (a_{c/UV} - a_{s/UV})^2 + (b_{c/UV} - b_{s/UV})^2]^{1/2}$$

Donde c/UV y s/UV significan con inclusión de UV al iluminante y sin inclusión de UV al iluminante, respectivamente.

Estudio de brillo

La medición del brillo de las muestras fue realizada utilizando el aparato Novo-Curve (Rhopoint TM, East Sussex, England) (Fig.20). La medición por el aparato se realizó utilizando parámetros de lectura de área de 2 mm x 2 mm e incidencia de luz de 60°. Los resultados fueron expresados en unidades de brillo (UB). Las muestras se insertaron en el orificio del aparato Novo-Curve y se recubrieron por un posicionador metálico para evitar interferencia de luz en el ambiente durante las 3 lecturas secuenciales. Se calculó la media de 3 mm

y se utilizó como valor de brillo espectral.

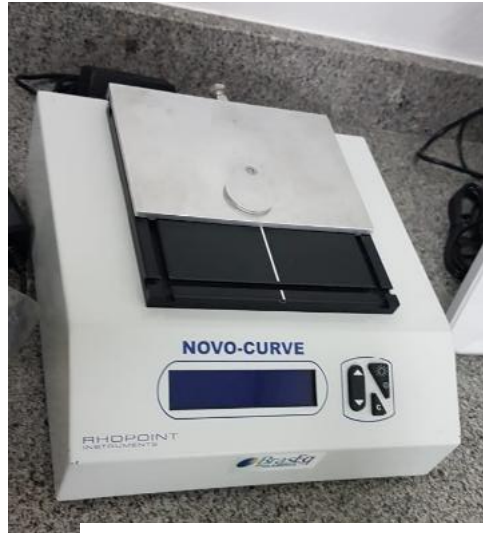


Fig. 20: Medidor de Brillo Novo Curve

El análisis estadístico fue realizado considerando un NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5% o $p \leq 0.05$

CAPITULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis de Microdureza

En la Tabla 1 se muestran los descriptivos de las tres muestras de microdureza: en diente sano, diente con mancha blanca y resina infiltrante. La tabla informa valores de tendencia central media, mediana, valores de dispersión, varianza y desviación.

Descriptivos				
			Estadístico	Desv. Error
M1 diente sano	Media		345,5847	3,63501
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	338,2970	
		Límite superior	352,8725	
	Media recortada al 5%		344,7990	
	Mediana		338,8200	
	Varianza		726,732	
	Desv. Desviación		26,95798	
	Mínimo		306,07	
	Máximo		399,00	
	Rango		92,93	
	Rango intercuartil		46,40	
	Asimetría		,410	,322
	Curtosis		-1,069	,634
M2 mancha blanca	Media		133,0858	4,15570
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	124,7541	
		Límite superior	141,4175	

	Media recortada al 5%		135,1242	
	Mediana		142,5300	
	Varianza		949,843	
	Desv. Desviación		30,81952	
	Mínimo		47,26	
	Máximo		179,28	
	Rango		132,02	
	Rango intercuartil		35,29	
	Asimetría		-1,145	,322
	Curtosis		1,091	,634
M3 Resina infiltrante	Media		189,3276	4,21440
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	180,8782	
		Límite superior	197,7769	
	Media recortada al 5%		189,1086	
	Mediana		190,5500	
	Varianza		976,864	
	Desv. Desviación		31,25483	
	Mínimo		109,85	
	Máximo		269,54	
	Rango		159,69	
	Rango intercuartil		36,18	
	Asimetría		,169	,322
	Curtosis		,405	,634

Tabla 1: Descriptivos de análisis de microdureza en diente sano, diente con mancha blanca y resina infiltrantes

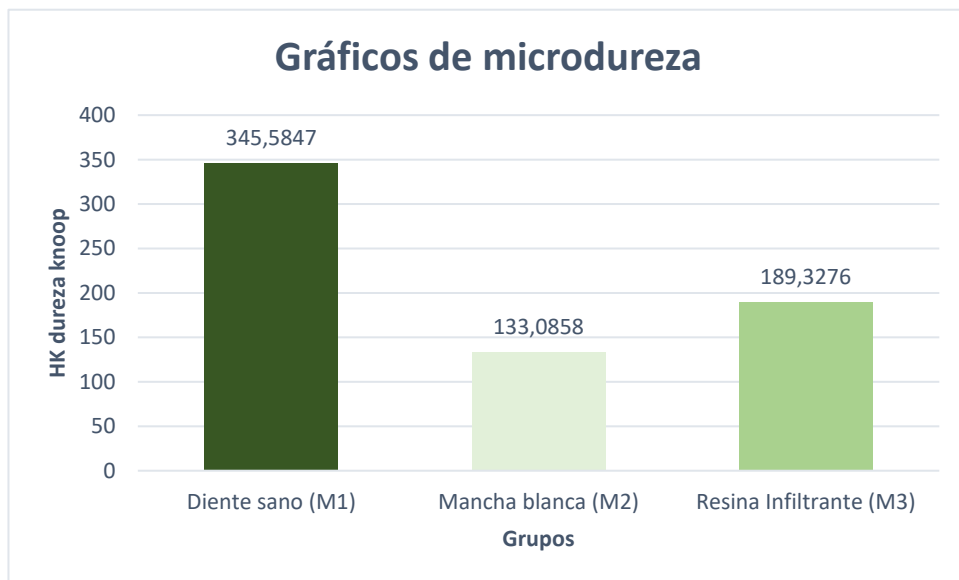


Gráfico 1: Valores de microdureza Knoop

Pruebas de normalidad

Se comprobó la normalidad de las variables numéricas. Por lo que se aplicó las prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro Wilk. En este caso, se aceptó la hipótesis de normalidad para la variable M3 resina infiltrante.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M1 diente sano	,129	55	,023	,933	55	,004
M2 mancha blanca	,196	55	,000	,895	55	,000
M3 resina	,067	55	,200*	,991	55	,955
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Tabla 2: Prueba normalidad de datos en diente sano, diente con mancha blanca y resina infiltrantes

Microdureza M1: Diente sano

Para variables numéricas continuas el tipo de gráfico más utilizado es el histograma.

Los datos obtenidos pueden verse representados en el histograma de diente sano.

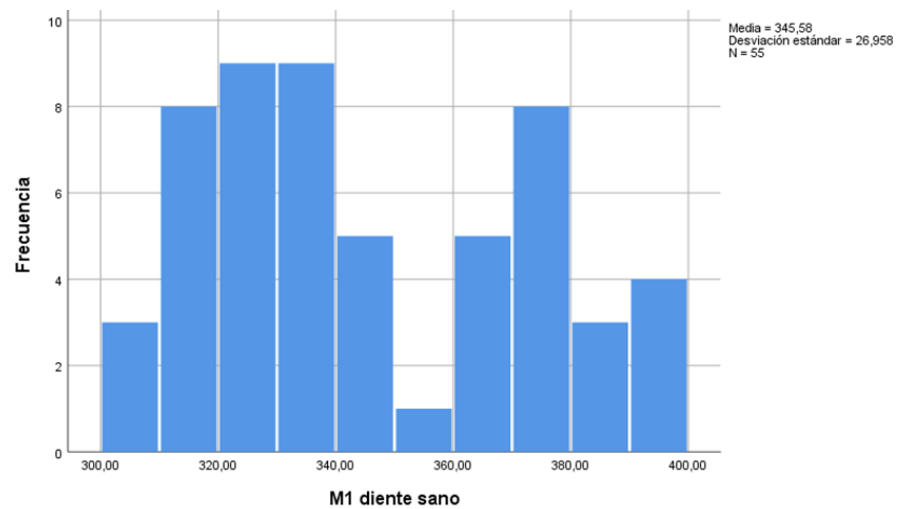


Gráfico 2: M1 Diente sano

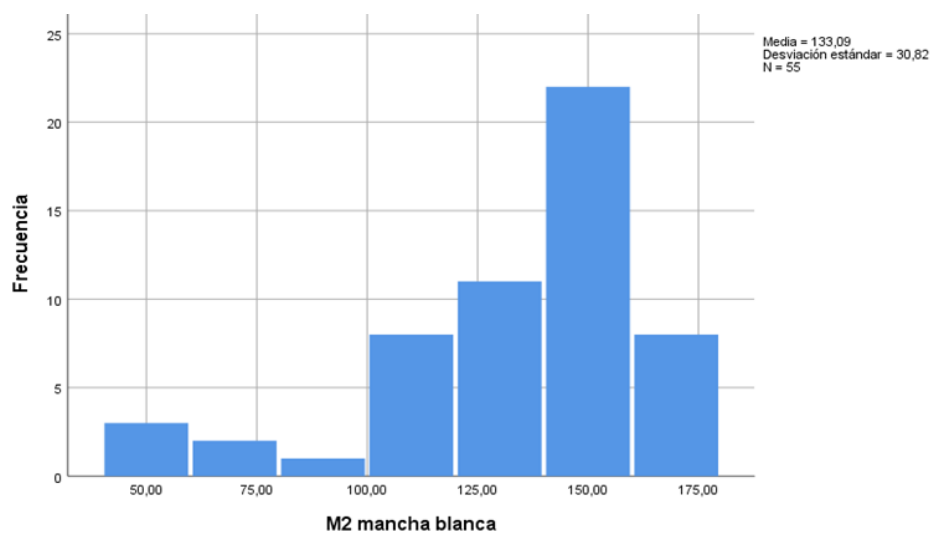


Gráfico 3: M2 Mancha Blanca

Microdureza M2: Mancha blanca

De la misma manera, que se han interpretado los diagramas anteriores, se muestran los resultados obtenidos para las variables M2 mancha blanca y M3 resina infiltrante.

Microdureza M3 resina infiltrante

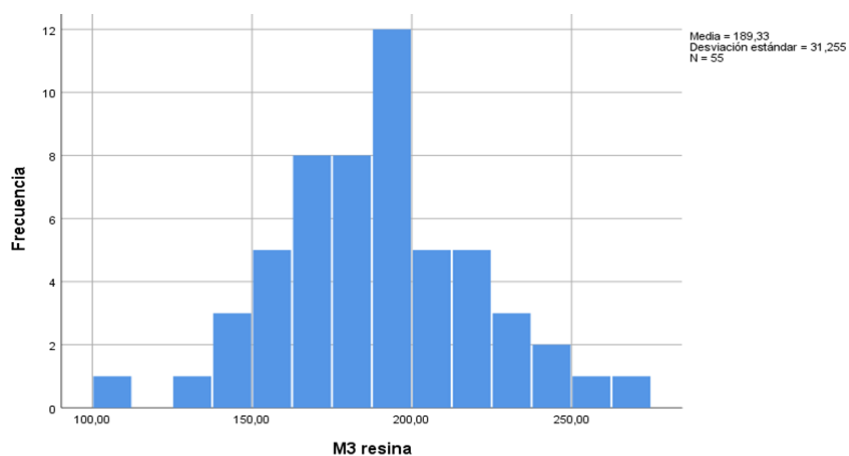


Gráfico 4: M3 Resina infiltrante.

Prueba de hipótesis de normalidad

La siguiente tabla (Tabla 3) muestra que para la variable M1 (diente sano) y la variable M2 (mancha blanca) debe rechazarse la hipótesis nula que planteaba una distribución normal de los datos para ambas, siendo el nivel de significación $p < 0,05$.

Sin embargo, si se acepta la hipótesis de normalidad para la variable M3 (resina infiltrante).

Resumen de prueba de hipótesis de normalidad			
Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
La distribución de los datos de M1 diente sano es normal con una media de 345,58 y una desviación estándar de 26,958	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para muestras independientes.	.023 ¹	RECHAZAR LA HIPOTESIS NULA
La distribución de los datos de M2 mancha blanca es normal con una media de 133,09 y una desviación estándar de 30,820	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para muestras independientes	.000 ¹	RECHAZAR LA HIPOTESIS NULA
La distribución de los datos de M3 resina infiltrante es normal con una media de 189,33 y una desviación estándar de 31,255	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para muestras independientes	.200 ^{1,2}	ACEPTAR LA HIPOTESIS NULA
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			
¹ Lilliefors corregida			
² Se trata de un límite inferior de la significancia real			

Tabla 3: Prueba de hipótesis de normalidad

Como las variables estudiadas resultaron no ser de distribución normal y ser muestras dependientes, se analizaron las relaciones entre las tres variables, por medio del análisis de varianza de dos vías por rangos de Friedman. El test de Friedman (Tabla 4) es la alternativa no paramétrica a la prueba ANOVA. Esto es así, porque se trata de variables que no tienen distribución normal y además son dependientes o relacionadas.

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
La distribución de M1, diente sano, M2 mancha blanca y M3 resina infiltrante son las mismas	Análisis de varianza de dos vías por rango de Friedman para muestras relacionadas	.000	RECHAZAR LA HIPOTESIS NULA
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			

Tabla 4: resumen de prueba de hipótesis

La hipótesis nula plantea que las distribuciones de las variables M1 (diente sano) M2 (mancha blanca) y M3 (resina infiltrante), son las mismas. Al respecto, el análisis de varianza para muestras relacionadas indica la decisión de rechazar la hipótesis nula ya que $p < 0,05$.

Este resultado significa que se observan diferencias estadísticamente significativas entre las tres variables analizadas respecto de la microdureza (M1, M2 y M3).

Estudio para muestras dependientes relacionándolas por pares

Como análisis complementario se estudiaron las relaciones dos a dos de las variables intervinientes en este estudio. Se buscó establecer si al comparar por parejas, se mantuvieron las diferencias estadísticas entre ellas o no. Se realizó la combinación de todos los pares posibles entre las variables de lo cual surgen tres situaciones de análisis.

Relación entre M1 y M2

Se recurre al test o prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas (dado que las variables en análisis no son de distribución normal y además son muestras relacionadas o dependientes), el que indica que debe rechazarse la hipótesis nula ya que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas. Se justifica por el valor de significación $p < 0,05$. Lo dicho se muestra en la siguiente tabla:

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre M1 y M2 es igual a 0	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,000	RECHAZAR LA HIPOTESIS NULA
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			

Tabla 5: Prueba de hipótesis M1 y M2

Por lo tanto, se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas en la medida registrada de microdureza al comparar el diente sano (M1) y la posterior formación de lesión de mancha blanca (M2). (Tab. 5)

Relación entre M1 y M3

Se rechaza la hipótesis nula que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas. Se justifica por el valor de significación $p < 0,05$. Lo dicho se muestra en la siguiente tabla:

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre M1 y M3 es igual a 0	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,000	RECHAZAR LA HIPOTESIS NULA
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			

Tabla 6: Test de Wilcoxon entre M1 y M3

Por lo tanto, se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas en la medida registrada de microdureza al comparar el diente sano (M1) y el tratamiento con resina infiltrante (M3). (Tab 6)

Relación entre M2 y M3

Se rechaza la hipótesis nula que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas. Se justifica por el valor de significación $p < 0,05$. Lo dicho se muestra en la siguiente tabla:

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre M2 y M3 es igual a 0	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,000	RECHAZAR LA HIPOTESIS NULA
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			

Tabla 7. Test de Wilcoxon entre M3 y M2

Por lo tanto, se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas en la medida registrada de microdureza al comparar la formación de lesión de mancha blanca (M2) con el tratamiento con resina infiltrante (M3). Tab. 7)

Resultados del análisis estadístico microdureza

El test de Friedman permitió indicar que al menos dos de las variables M1 (diente sano); M2 (mancha blanca) y M3 (resina infiltrada) que se compararon son significativamente diferentes, pero no indica entre cuales de ellas.

Para ello, se hizo necesario recurrir al método de comparación Post hoc denominado prueba de rango con signos de Wilcoxon, arrojando que las medidas observadas en las comparaciones por parejas, en todos los casos, resultaron significativamente diferentes. Ello se debió a la aplicación de diferentes tratamientos para los mismos elementos.

Análisis estadístico de color, fluorescencia y brillo

El presente análisis estadístico tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes agentes de envejecimiento (ácido cítrico y alcohol) sobre las propiedades ópticas dentarias (color, fluorescencia y brillo), tanto antes como después de la tinción.

Se plantearon tres ejes de análisis:

1. Comparación entre tipos de envejecimiento sin tinción.
2. Comparación entre tipos de envejecimiento tras la tinción.
3. Comparación intergrupar antes y después de la tinción.

De esta manera, se buscó no solo determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre grupos y condiciones experimentales, sino también identificar la magnitud y dirección de dichas diferencias.

Metodología estadística

Previo al análisis comparativo, se verificaron los supuestos de normalidad de las distribuciones utilizando la prueba de Shapiro–Wilk, seleccionada por su robustez en muestras pequeñas y medianas ($n=15$ por grupo). La mayoría de las variables presentó distribución normal, por lo que se aplicaron pruebas paramétricas, dado que estas mantienen un buen nivel de robustez incluso frente a leves desviaciones de normalidad en muestras balanceadas.

Los análisis se desarrollaron en tres etapas:

- Análisis 1 y 2 (comparaciones intergrupales): para comparar los valores entre los diferentes grupos de envejecimiento (control, ácido cítrico y alcohol), se utilizaron pruebas t de Student para muestras independientes. Con el fin de controlar el riesgo de error tipo I derivado de múltiples comparaciones, se aplicó la corrección de Bonferroni, ajustando el umbral de significación a $\alpha=0,0167$ $\alpha = 0,0167$ por variable.
- Análisis 3 (comparaciones intragrupal): Para evaluar los cambios pre y post tinción dentro de cada grupo, se emplearon pruebas t de Student para muestras pareadas, dado que las mediciones correspondían a las mismas unidades experimentales en dos condiciones distintas.

El procesamiento y análisis de datos se realizó con el software SPSS

Resultados Análisis 1 y 2

Variable	Comparación	p valor Pre	Diferencia observada Pre	p valor Post	Diferencia observada Post
Color	Control vs Ácido	0,000	Ácido > Control	0,000	Ácido > Control
	Control vs Alcohol	0,000	Alcohol > Control	0,452	—
	Ácido vs Alcohol	0,001	Ácido > Alcohol	0,000	Ácido > Alcohol
Fluorescencia	Control vs Ácido	0,001	Ácido > Control	0,000	Control > Ácido
	Control vs Alcohol	0,141	—	0,011	Control > Alcohol
	Ácido vs Alcohol	0,000	Ácido > Alcohol	0,122	—
Brillo	Control vs Ácido	0,816	—	0,000	Control > Ácido
	Control vs Alcohol	0,326	—	0,144	—
	Ácido vs Alcohol	0,204	—	0,000	Alcohol > Ácido

Tabla 8 resultados M1 vs. M2

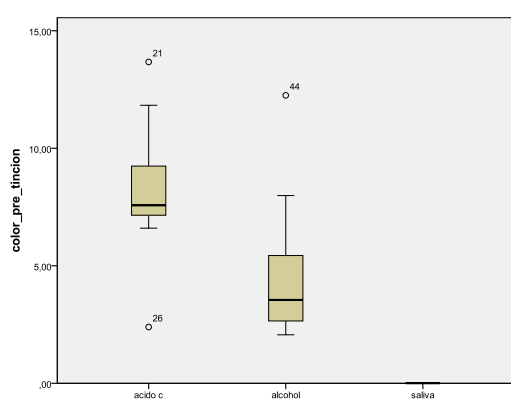


Gráfico 5: G1 Color Pretinción con etanol.

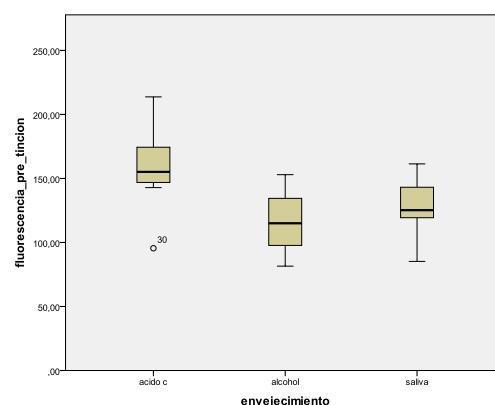


Gráfico 6: G1 Fluorescencia Pretinción con etanol.

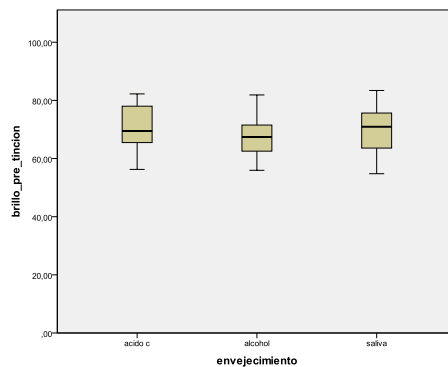


Gráfico 7: G1 Brillo Pretinción con etanol.

Los resultados muestran que antes de la tinción el ácido cítrico fue el agente con mayor impacto sobre el color y la fluorescencia dentaria, mientras que el alcohol produjo un efecto intermedio, y el grupo control presentó los valores más bajos. En contraste, el brillo no se vio afectado por los tratamientos de envejecimiento en esta etapa.

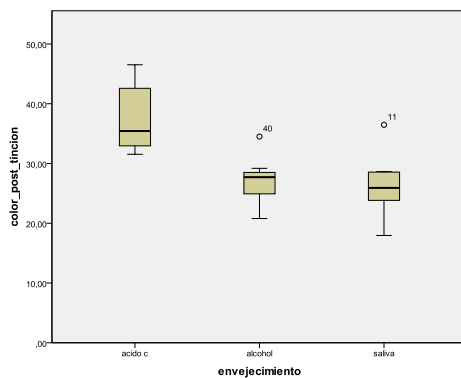


Gráfico 8: G1 Color posttinción con etanol.

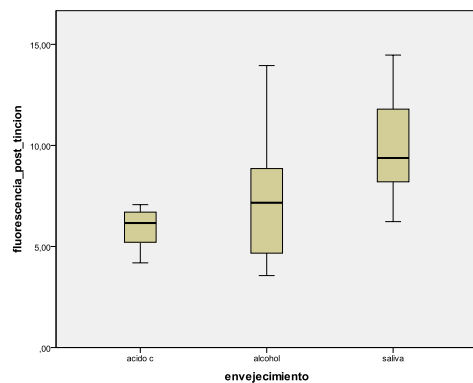


Gráfico 9 G1 Fluorescencia posttinción con etanol.

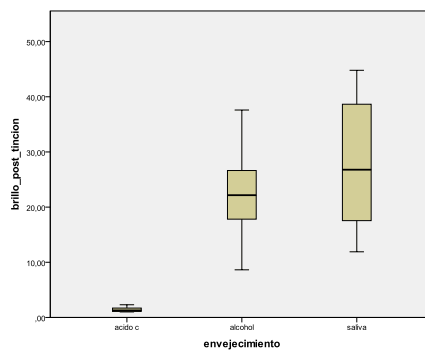


Gráfico 10: G1 Brillo posttinción con etanol.

Comparación entre Análisis 1 y Análisis 2 (Pre vs Post tinción)

Al contrastar los hallazgos antes y después de la tinción, se observaron cambios relevantes en el comportamiento de las variables ópticas:

Color:

- Antes de la tinción: Ácido cítrico > Alcohol > Control.
- Después de la tinción: Ácido cítrico > (Control $\approx$ Alcohol).
→ La tinción mantuvo al ácido cítrico como el agente con mayor impacto en el color, pero redujo las diferencias entre control y alcohol, que dejaron de ser significativas.

Fluorescencia:

- Antes de la tinción: Ácido cítrico > Control $\approx$ Alcohol.
- Después de la tinción: Control > (Ácido $\approx$ Alcohol).
→ Se produjo una inversión en el patrón: lo que antes era mayor en el ácido, tras la tinción pasó a ser mayor en el control.

Brillo:

- Antes de la tinción: No se observaron diferencias significativas entre los grupos.
- Después de la tinción: (Control $\approx$ Alcohol) > Ácido.

→ La tinción reveló diferencias que no estaban presentes previamente, destacando una fuerte reducción del brillo en el grupo tratado con ácido cítrico.

Conclusión análisis 1 y 2:

La exposición al alcohol y al ácido cítrico altera las propiedades ópticas dentarias. Antes de la tinción, el ácido cítrico mostró mayor impacto en el color y la fluorescencia, seguido por el alcohol, sin diferencias significativas en el brillo.

Tras la tinción, se mantuvieron las diferencias en color, pero la fluorescencia invirtió su patrón (el control presentó valores más altos que los grupos tratados) y surgieron diferencias en el brillo que antes no se observaban.

Estos resultados muestran que la tinción no solo potencia, sino que modifica la expresión óptica de las superficies dentarias, revelando efectos que no eran evidentes previamente.

Variable	Grupo	Cambio observado	Significancia (p<0,05)
Color	Control	Aumento	Sí
	Ácido cítrico	Aumento	Sí
	Alcohol	Aumento	Sí
Fluorescencia	Control	Disminución	Sí
	Ácido cítrico	Disminución	Sí
	Alcohol	Disminución	Sí
Brillo	Control	Disminución	Sí
	Ácido cítrico	Disminución	Sí
	Alcohol	Disminución	Sí

Tabla 9: Resultados Análisis 3:

Color

Gráfico 11, 12 y 13 Medias de color pre y post tinción

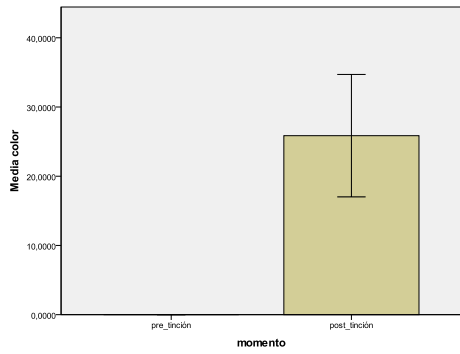


Gráfico 11: ΔE color G 1

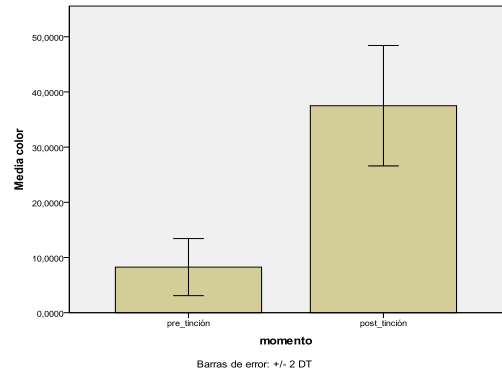


Gráfico 12: ΔE color G2

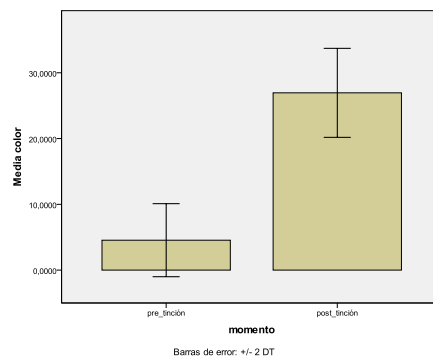


Gráfico 13: ΔE color G 3

Fluorescencia

Gráficos 14,15 y 16 Medias de fluorescencia Pretinción

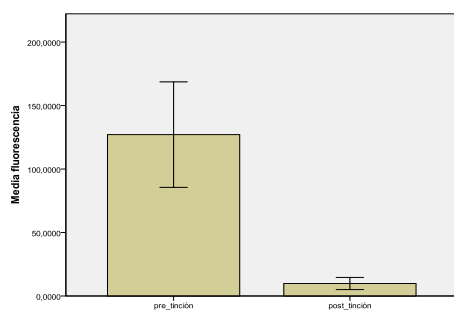


Gráfico 14: ΔE *FL G 1

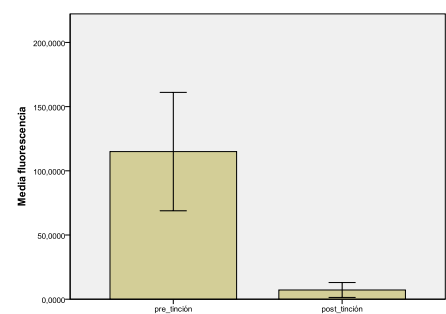


Gráfico 15: ΔE *FL G 2

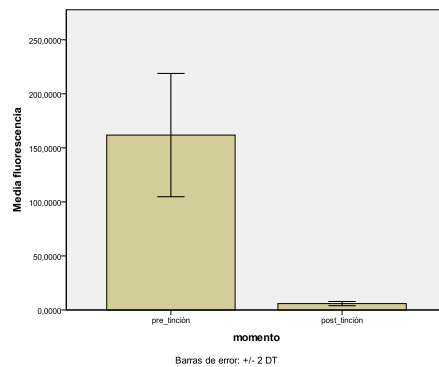


Gráfico 16: ΔE^*FL G 3

Brillo

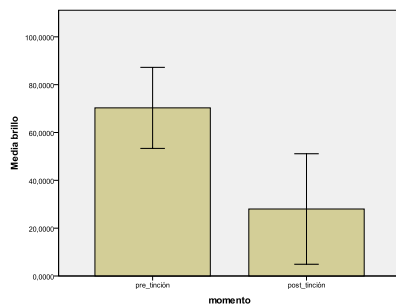


Gráfico17: UB G1

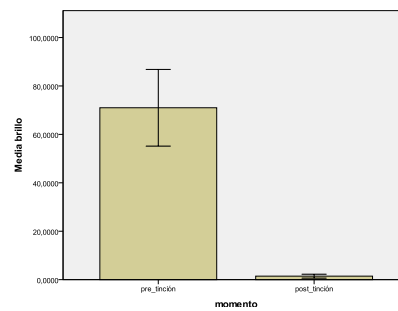


Gráfico18: UB G2

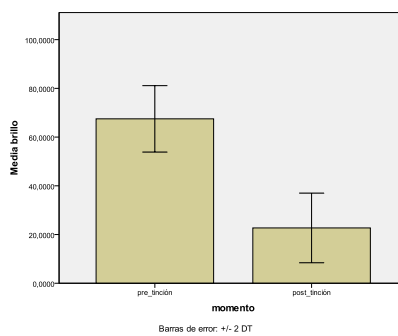


Gráfico19: UB G3

Conclusión del analisis 3:

La comparación intergrupar entre las mediciones pre y post tinción evidenció diferencias estadísticamente significativas en todas las variables analizadas.

En el caso del color, los valores se incrementaron tras la tinción en todos los grupos (control, ácido cítrico y alcohol), lo que confirma que el procedimiento exacerba esta característica óptica. Por el contrario, tanto la fluorescencia como el brillo mostraron una disminución marcada después de la tinción en todos los grupos, con reducciones significativas en cada caso. Estos resultados sugieren que la tinción no solo modifica la magnitud de las propiedades ópticas dentarias, sino que lo hace de manera diferencial: intensifica el color, pero atenúa la fluorescencia y el brillo, independientemente del tipo de envejecimiento aplicado.

CAPITULO VI: DISCUSIÓN

El uso de resinas infiltrantes para el enmascaramiento de lesiones de manchas blancas se basa en los estudios de Patil et al (12). Si bien se considera un método adecuado para el enmascaramiento de lesiones de manchas blancas, también se sabe que estas resinas pueden degradarse con el tiempo debido a la composición de los alimentos y bebidas que se consumen en la actualidad, que pueden afectar las propiedades ópticas y mecánicas del material (55).

Hay poca literatura sobre cómo los diferentes tipos de envejecimiento afectan su degradación. Por lo tanto, el objetivo del presente diseño experimental fue evaluar como los diferentes tipos de envejecimiento influyen en las propiedades ópticas, de las lesiones de manchas blancas tratadas con una resina infiltrante (ICON - DMG) y cómo la tinción de estas infiltraciones se vio influenciada por el envejecimiento mediante el análisis de color, la fluorescencia y brillo superficial.

También evaluó si las resinas infiltrantes mejoraban la dureza del esmalte perdida por la desmineralización.

En el presente estudio, se utilizaron coronas de incisivos bovinos por su fácil obtención y su similitud con los dientes humanos (25).

La medición del color se realizó utilizando el sistema CIE L*a*b* obtenido por un espectrofotómetro que es un instrumento ampliamente utilizado en odontología. Con él se puede estandarizar y cuantificar el color, calibrándolo (47). En esta tesis fue utilizado para medir las alteraciones que sufren las muestras infiltradas, causadas por los diferentes tipos de envejecimiento y su posterior tinción.

La toma de color se realizó en distintas etapas de este proceso ya que el objetivo fue simular la alimentación diaria de un paciente. También se sumergieron las muestras luego del envejecimiento en una solución de café y vino para teñir las lesiones infiltradas con ICON además de té negro y colorantes alimentarios amarillo y rojo.

Uno de los investigadores que analiza el ocultamiento de las manchas blancas luego de ser infiltradas con ICON fue Gomes Torrez (66). Él y su equipo trabajaron con muestras que presentaban manchas blancas artificiales, infiltradas con ICON. Su investigación arrojó valores aceptables de enmascaramiento de color ya que el índice de refracción del ICON es de 1,47 mientras que el del esmalte sano de 1,65 ganando translucidez. Pero cuando se sometieron las muestras a sustancias ácidas, hubo una degradación de la superficie, apareciendo un aumento de microporosidad, lo que modificó el índice realzando el color más sobre las muestras sumergidas en ácido cítrico que las sumergidas en etanol. Esta investigación coincide con Gomes puesto que las muestras sometidas a sustancias ácidas luego de ser infiltradas sufrieron una alteración de color, lo que nos hace pensar que hay una degradación de la resina.

Souza et al. en su investigación tiñe la superficie de dos resinas con distintas bebidas alcohólicas. Pudo observar que las muestras se mancharon más con vino tinto y manifestaron menor fluorescencia (149). Coincidentemente con Souza en este trabajo de investigación las muestras sometidas a etanol 70% también manifestaron cambios de color y una pérdida de la fluorescencia.

Luego de la tinción pudo verse que en los grupos control y envejecimiento con etanol el cambio de color era muy notorio en esta investigación.

Este trabajo coincide también con Rey et al (150) . Su trabajo de investigación determina que el pulido de las muestras logra disminuir la tinción de éstas cuando son sumergidas en vino tinto. En esta investigación la superficie de

las muestras fue deteriorada por bebidas ácidas (ácido cítrico y etanol), perdiéndose la lisura superficial de las mismas, haciéndolas más susceptibles a la tinción.

Este diseño experimental muestra una diferencia estadísticamente significativa en el ΔE posiblemente por dos causas. Por un lado, el caldo de tinción que se utiliza en este diseño adaptado de Wozniak contiene más cromóforos que el vino tinto empleado por Paris y además se utilizó una sustancia de muy bajo pH que degrada la resina infiltrante obteniendo diferencias estadísticamente significativas entre los distintos valores a diferencia de Paris (63).

Los valores de ΔE y pérdida de brillo obtenidos en este trabajo experimental podrían compararse con Ritwik P. et al. (151) quienes comprobaron que las muestras de ICON sumergidas en soluciones desmineralizantes (ácidas) muestran una disminución del peso del mismo, producto de la degradación del material.

El brillo de las muestras se evaluó utilizando un medidor de brillo después de los protocolos de envejecimiento y tinción de las muestras en este trabajo. La propiedad óptica del brillo afecta directamente la estética de los materiales resinosos (152). Coincidentemente con Chadwick, quien analiza la superficie sobre la que incide la luz y su dispersión, este trabajo mostró una mayor pérdida de brillo en las muestras que fueron inmersas en ácido cítrico viéndose afectada esta propiedad (153). Rocha y colaboradores mediante su trabajo de investigación determinaron que tanto la aceptabilidad como la perceptibilidad de color se ve asociada al brillo de la superficie observada. Este trabajo demuestra que el sometimiento de las muestras en bebidas de bajo pH altera la superficie de las mismas modificando el color y el brillo al igual que los resultados de Rocha.

Se ha observado en este estudio también una reducción en el brillo de la superficie de la muestra como la investigación de Rashiby et al. después de envejecerlas con distintas sustancias ácidas en comparación con el esmalte sano. Posiblemente a que en el medio bucal la ingesta de sustancias o alimentos con distintos pH y consistencias, producen alteraciones en el pulido de su superficie. El etanol y el ácido cítrico pueden destruir la matriz orgánica de la resina. Esto se evidencia al aumentar el grado de tinción de las mismas (154).

Sin embargo, pese a su importancia el efecto de las bebidas energéticas y alcohólicas sobre diferentes materiales de restauración están relativamente poco abordados. En algunos estudios las muestras fueron sumergidas de manera constante a diferentes bebidas por un periodo prolongado de tiempo (14 días) (155). Coincidentemente con Poggio en esta investigación se ve una baja de brillo pudiendo explicarse por un aumento de la rugosidad, pero estos trabajos no representan lo que sucede en la cavidad oral habitualmente, ya que, durante el consumo, estas bebidas entran en contacto por un periodo corto con los dientes y las restauraciones. Además, no hay un acuerdo referente a qué tipo de material de restauración es adecuado frente a este tipo de bebidas energéticas y alcohólicas, estudios previos mencionan a la resina de relleno en bloque como el material de restauración ideal en estos casos (156). Es por ello por lo que se requiere tener más información para prevenir al clínico general sobre qué material de restauración sería más recomendable frente a estas bebidas, así como, imitar de manera más cercana lo que sucede en la cavidad oral.

Estudios previos sobre manchas blancas, cicatriz permanente del esmalte, han develado que medidas preventivas, pueden acelerar la recuperación de las mismas. El estudio de Mattouscht (16) postula que la fluorescencia disminuye en lesiones de mancha blanca, a diferencia de esta investigación donde la lectura de los resultados de lesión incipiente sin infiltrar arrojó valores

de fluorescencia superiores al esmalte sano. Posiblemente esta controversia de resultados puede deberse a la metodología aplicada en ambos trabajos, ya que el de Mattouscht investiga in vivo y este trabajo fue realizado in vitro.

Yuan et al. (133), en su estudio de color y fluorescencia con ICON presenta valores coincidentes con este trabajo de investigación (ΔE y ΔQ) los cuales se recuperaron significativamente con ICON. A diferencia del trabajo de Yuan en esta tesis se sometieron las muestras a envejecimiento y tinción por lo que se obtuvieron cambios superiores en el color y la fluorescencia que cae con respecto al grupo control. Esta discrepancia entre ambos es posible que se deba a que esta investigación utiliza sustancias que degradan la resina, producen una pérdida de esmalte dental que deja entrever parcialmente la fluorescencia propia de la dentina, a diferencia del trabajo de Yuan quien utiliza sustancias neutras las cuales no afectarían la matriz orgánica.

En este diseño experimental al igual que Bicer (157) se observó que en las muestras hubo un cambio de color, un aumento de la fluorescencia y una tinción importante de las mismas. Estos cambios podrían explicarse debido a la presencia del ácido cítrico, sustancia que degrada la molécula de vinilsilano de las resinas infiltrantes a través de un mecanismo químico de hidrólisis. El vinilsilano es un agente de acoplamiento que tiene un grupo vinilo (reactivo con la matriz orgánica de la resina) y grupos silano que pueden hidrolizarse en presencia de ácidos como el ácido cítrico. Este ácido actúa atacando los enlaces Si–O–Si (siloxano) o Si–O–C en el silano, rompiendo la estructura y disminuyendo la capacidad del vinilsilano de hacer un acople efectivo entre la resina orgánica y la fase inorgánica.

Haciendo referencia a la propiedad mecánica microdureza estudiada en este trabajo podemos confirmar que los valores de las muestras infiltradas apenas superaron los obtenidos de la mancha blancas. Los valores de microdureza publicados por Mandava et al. (73) no coinciden con los obtenidos en este trabajo de investigación porque este autor presenta valores de microdureza

semejantes al esmalte sano en las pruebas de manchas blancas infiltradas. Esto puede deberse a que la infiltración de la mancha blanca no es completa a pesar de que el uso de etanol contribuiría a fluidificar más la resina. Otra posible explicación de la falta de microdureza de este material puede deberse a que la mancha blanca obtenida artificialmente tiene menor cantidad y menor tamaño de poros que las manchas blancas naturales lo que dificultaría la infiltración de las resinas de baja viscosidad.

Otra posible explicación de los valores de microdureza disminuido podría estar en lo postulado por Prajapati (158) quien correlacionó los valores de penetración de las resinas infiltrantes con los altos valores de microdureza alcanzados en sus investigaciones. Posiblemente los valores bajos encontrados en este trabajo podrían deberse a una penetración defectuosa o incompleta de las manchas blancas artificiales. Esto abre las puertas a nuevas líneas de investigación donde se podría correlacionar estos dos valores.

Los altos resultados obtenidos por Gurdogan (159) de microdureza también difieren de este trabajo posiblemente a la diferencia de los protocolos empleados.

Coincidentemente con Neres et al. (74) quienes obtienen valores de las muestras infiltradas sin diferencia significativa con los valores de mancha blanca, lo que se interpreta como que la resina infiltrante mejora la microdureza de la mancha blanca. Sin embargo, estos resultados fueron insuficientes para mejorar o devolver la microdureza del esmalte sano. Este hecho puede estar asociado con las características de la matriz orgánica del infiltrante de resina, compuesta principalmente de dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA). Este monómero tiene un alto grado de conversión; sin embargo, la formación de la cadena polimérica no siempre ocurre. Además, la ausencia de enlaces secundarios intermoleculares fuertes, así como de anillos aromáticos, da como resultado propiedades mecánicas inferiores a las de otros monómeros.

Este diseño experimental también coincide con Neres que utiliza sustancias muy acidas como en este trabajo que degrada la superficie de la resina infiltrante produciendo un ataque a la matriz orgánica, que se traduce en una baja de la microdureza. Por otra parte, la contracción del material durante la polimerización deja algunas regiones de esmalte desmineralizado sin infiltrar, lo que también puede contribuir a la disminución de la microdureza superficial en comparación con el esmalte sano.

Es importante enfatizar que los resultados observados en este estudio in vitro deben evaluarse cuidadosamente y considerarse para su extrapolación clínica, ya que se emplean pruebas exacerbadas para evaluar y comparar diferentes condiciones. Además, clínicamente, existen factores protectores como la saliva, su flujo, que produce la dilución de los agentes y un menor tiempo de exposición a las pruebas de provocación.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

Con base en la metodología utilizada y considerando las limitaciones de este estudio, (al no realizarlo sobre dientes humanos exvivo) se comprobó la hipótesis de este trabajo, que demostró que el envejecimiento químico con etanol y ácido cítrico modificó las propiedades ópticas de las resinas infiltrantes aplicadas sobre manchas blancas. Se observó mediante la tinción de las mismas.

La infiltración de las manchas blancas tratadas con resinas infiltrantes mejoró la microdureza de las mismas.

La infiltración de resina mejora las características estéticas (color, brillo y fluorescencia) de las lesiones de mancha blanca, sin embargo, se debe estudiar más a fondo el efecto a largo plazo de la infiltración en la práctica clínica.

Aunque las resinas infiltrantes se consideran un método adecuado para tratar lesiones de manchas blancas, también se sabe que estas resinas al ser muy fluidas y no tener carga inorgánica no pueden compensar la pérdida mineral sufrida por la desmineralización a la que está sometido el esmalte dentro de la cavidad bucal sufriendo también degradación. Debería profundizarse la investigación sobre este campo para determinar si la profundidad de la penetración, su baja resistencia mecánica o la existencia de poros, entre otros factores, que podrían ser los responsables que impidan la restitución de la microdureza del esmalte sano.

El efecto secundario positivo que se pudo observar fue que estas lesiones pierden su aspecto opaco blanquecino, mimetizándose con el esmalte sano. Por lo tanto, la infiltración de caries secundariamente a su efecto terapéutico es una buena opción para mejorar la estética en trastornos de superficie lisa vestibular.

Se concluye que el uso de resinas infiltrantes sería un método adecuado para tratar lesiones de manchas blancas mimetizándolas con el esmalte sano.

Según el alcance de este trabajo de investigación, la infiltración de estas lesiones incipientes mejora su microdureza. La pérdida mineral del esmalte es irreemplazable con resinas infiltrantes ya que no alcanza los valores del esmalte sano.

Los resultados determinan que el material cumple con las demandas actuales de estética. A pesar de ello no es de uso frecuente en los consultorios. Es importante destacar que al no mejorar considerablemente la microdureza, no sería un material ideal para recibir cargas masticatorias, limitando su uso a áreas libres de impacto masticatorio. Deberían abrirse nuevas líneas de investigación para mejorar la composición de los mismos, evitando así ser alterado en el tiempo por las condiciones del medio bucal.

CAPITULO VIII: BIBLIOGRAFÍA

1. Kleiman L, Fizquez A . Odontología estética mínimamente invasiva. ADM. 2019 Ene; 76(1). (p. 1)
2. Giacaman R, Muñoz S, Sandoval C, Neuhaus K, Fontana M. Evidence based strategies for the minimally invasive treatment of carious lesions. Review of the literature. Rev Adv Clin Exp Med. 2018 Jul; 27(7).
3. Bossù M. Saccasu M, Salucci A, Di Giorgio G, Bruni E, Uccelttei D, Sato M. Remineralización del esmalte y resultados de reparación de la crema dental. J Nanobiotechnología. 2019 Ene; 17(1).
4. Wu D, Lin Z, Zhou P, et al. Association between live dietary microbes and root caries: a cross-sectional study with predictive risk model. Cariology Oral Health Prev Dent. 2026; 24.
5. Gomez S, Uribe S. International journal of interdisciplinary dentistry. Int J Interdiscip Dent. 2022 Dic; 15(3).
6. Takahashi N, Nyvad B. El papel de las bacterias en el proceso de caries: perspectivas ecológicas. J Dent Res. 2010 Oct; 90(3).
7. Fejerskov O, Nyvad B, Kidd E. Dental Caries. What is it? En: Fejerskov O, editor. Dental Caries: disease and its clinical management. Oxford: Wiley Blackwell; 2015. p. 7-10.
8. Henostroza Haro G, Henostroza Quintana N. Conceptos, teorías y factores etiológicos de caries dental. En: Henostroza Haro G, editor. Diagnóstico de Caries Dental. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2007. p. 13-29.
9. Barrancos Mooney J, Rodriguez G. Cariología. En: Barrancos Mooney B. Operatoria Dental. Integración clínica. Buenos Aires: Panamericana; 2006. p. 297-339.
10. Bordoni N. Prevención en cariología. En: Barrancos Mooney J, BP, editores. Operatoria Dental. Integración clínica. Buenos Aires: Panamericana; 2008. p. 373-393.
11. Aguirre-Aguilar A, Vargas S. Variaciones del pH salival por consumo de chocolate y su relación IHO en adolescentes. Oral. 2012 Jun; (41).

12. Patil N, Choudari S, Kulklarni S. Comparative evaluation of remineralizing potential of three agents on artificially demineralized human enamel. An in vitro study. J Conserv Dent. 2013 Mar-Abr; 16(2).
13. Gomez de Ferraris ME. Esmalte. En: Gomez de Ferraris ME. Histología, Embriología e Ingeniería Tisular bucodental. Buenos Aires: Panamericana; 2019. p. 271-315.
14. Domínguez M, Gonzalez-Lopez S, Menéndez-Núñez M. Estudio de las vías de difusión de la lesión de mancha blanca. RCOE. 2002 Set-Oct; 7(2).
15. Sadyrin E, Swain M, Mitrin B, Rzhepakovsky I. Characterization of enamel and dentine about a white spot lesion: mechanical properties, mineral density microstructure and molecular composition. Nanomaterials. 2020 Set; 10(9).
16. Mattousch TJ, Van der Veen M, Zentner A. Caries lesions after orthodontic treatment followed by quantitative light-induced fluorescence a 2 year follow-up. Eur J Orthod. 2007; 29(3): 294-298.
17. Zantner C, Martus P, Kielbaza A. Clinical monitoring of the effect of fluorides on long-existing white spot lesions. Acta Odontol Scand. 2006; 64(2): 115-122.
18. Henostroza Haro G. Inicio y progresión de la lesión cariosa en esmalte, dentina y cemento. En: Henostroza Haro G. Diagnóstico de caries dental. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2005. p. 29-40.
19. Borges A B. The concept of resin infiltration technique and its multiple applications. J Contemp Dent. 2014.
20. Torres- Rocha Gomez C, Farias de La Cerda J, Ávila M, Buhler Borges A, Pucci R, Adhesive Systems as an Alternative Material for Color Masking of White Spot Lesions: Do They Work? J Adhes Dent. 2016; 43-50.
21. Wierichs R, Lausch J, Meyer Lueckel H, Esteves Olivera M. Re and demineralization characteristics of enamel depending on baseline mineral loss and lesion deep in situ. Caries Res. 2016 Abr; 50(2).
22. Collet A, Guglielmotti M. Patología de los tejidos dentarios en relación con la operatoria dental. En: Lanata E, editor. Operatoria Dental. Buenos Aires: Alfaomega; 2011. p. 23-28.
23. Friedman S. Bioquímica de los tejidos dentarios mineralizados en relación con la operatoria dental. En: Lanata E, editor. Operatoria dental. Buenos Aires: Alfaomega; 2011. p. 15-22.

24. Prada A, Potra G I, Siavoi G. A review of white spot lesions: development and treatment with resin infiltration. *Dent J (Basel)*. 2024 Nov; 22(12).
25. Acevedo E, Pelaes A, Cristiani J. El esmalte dental bovino como modelo experimental para la investigación en Odontología. Una revisión de la literatura. *RAOA*. 2021 Ene; 109(2).
26. Edmunds DH, Whittaker D, Green R. Adecuación del esmalte dental humano, bovino, equino y ovino para estudios de lesiones cariosas bacterianas artificiales. *Karger*. 2009 Nov; 22(6).
27. Pandya M, Diekwisch T. Biomimética del esmalte - ficción o futuro de la odontología. *Int J Oral Sci*. 2019 Ene; 11(1).
28. Imran F, Amr B. El papel de los contenidos salivales y las tecnologías modernas en la remineralización del esmalte dental: una revisión narrativa. *F1000Res*. 2020 Jun; 9(171).
29. Macho G, Jiang Y, Spears IR. Microestructura del esmalte: una estructura verdaderamente tridimensional. *J Hum Evol*. 2003; 45(1).
30. Barrancos Mooney J, Frydman J. Histología Dental. En: Barrancos Mooney B. *Operatoria Dental. Integración clínica*. Buenos Aires: Panamericana; 2006. p. 261-278.
31. Barrancos Mooney J, Rodríguez G. Cariología. En: Barrancos Mooney J, editor. *Operatoria Dental. Integración clínica*. Buenos Aires: Panamericana; 2006. p. 297-339.
32. Sánchez J, Urzúa I, Faleiros S, Lira J, Rodríguez G, Cabello R. Capacidad buffer de la saliva en presencia de bebidas energéticas comercializadas en Chile, estudio in vitro. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral*. 2015 Abr; 8(1).
33. Álvarez D, Robles I, Díaz J, Sandoval P. Abordaje terapéutico de la hipomineralización molar-incisal. Revisión narrativa. *Int J Odontostomat*. 2017 Set; 11(3).
34. Henostroza Haro G, Henostroza Quintanas N. Concepto, teorías y factores etiológicos de la caries dental. En: Henostroza Haro G, editor. *Diagnóstico de caries dental*. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2005. p. 11-28.
35. Feagin F, Koulourides T, Pigman W. Caracterización de la desmineralización y remineralización de la superficie del esmalte, así como de los cambios de dureza asociados en material humano y bovino. *Arch Oral Biol*. 1969 Dic; 14(12).
36. Teruel J, Alcolea A, Hernández A, Ortiz Ruiz A. Comparación de la composición química del esmalte y la dentina en dientes humanos, bovinos, porcinos y ovinos. *Arch Oral Biol*. 2015 May; 60(5).

37. Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T. Dientes bovinos como posibles sustitutos en el ensayo de adhesión. J Dent Res. 1983 Oct; 62(10).
38. Featherstone JD, Mellberg JR. Tasas relativas de progreso de lesiones cariosas artificiales en el esmalte bovino, ovino y humano. Caries Res. 1981; 15(1).
39. Acevedo E, Pelaez A, Cristiani J. El esmalte dental bovino como modelo experimental para la investigación en odontología. Una revisión de la literatura. RAOA. 2021 Ene; 109(2).
40. Piovano S. Examen y diagnóstico en odontología. En: Barrancos Mooney J, editor. Operatoria Dental. Integración clínica. Buenos Aires: Panamericana; 2006. p. 341-371.
41. Carrillos Sánchez S. Desmineralización y remineralización. El proceso en balance y la caries dental. Revista ADM Práctica Clínica. 2010 Ene-Feb; 67(1).
42. Beier Jensen S, Vissink A, Limesandro K, Reyland M. Hipofunción de las glándulas salivales y xerostomía en pacientes sometidos a radioterapia de cabeza y cuello. J Natl Cancer Inst Monogr. 2019 Ago.
43. Rodríguez Palacios J, Martínez Naranjo T, Fernández Ramírez L, Betancourt A, Sanabria Reyes D. Xerostomía y uso de medicamentos en adultos. Rev Cubana Estomatol. 2008 Jul-Dic; 45(3).
44. Serrano Granger J. La placa dental como biofilm. ¿Cómo eliminarla? RCOE. 2005; 10(4).
45. Theilade E, Birkhed D. Dieta y caries dental. En: Thylstrup A, Fejerskov O, editores. Caries. Buenos Aires: Doyma; 1986. p. 106-137.
46. Larsen M, Brun C. Esmalte/saliva: reacciones químicas inorgánicas. En: Thylstrup A, Fejerskov O, editores. Caries. Buenos Aires: Doyma; 1986. p. 150-169.
47. Palaniswamy U, Prashar N, Kaushik M, Lakkam S, Arya S, Pebbeti S. A comparative evaluation of remineralizing ability of bioactive glass and amorphous calcium phosphate casein phosphopeptide on early enamel lesion. Dent Res J (Isfahan). 2016 Jul; 13(4).
48. Tahamassbi S, Mousvi S, Behroozibkhsh M, Badieem M. Prevention of white spot lesions using three remineralizing agents: An in vitro comparative study. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2019 Abr; 13(1).
49. Lanata E, Martucci D, Friedman S. Erosión, abrasión, abfracción y sus combinaciones. En: Lanata E, editor. Mínima intervención. Un

cambio de paradigma. 1a ed. Buenos Aires: El Ateneo; 2022. p. 177-210.

50. Punathil S, Pulayath C, Bavabeedus S, Moyin S. Assessment of enamel surface microhardness with different fluoride varnishes. An in vitro study. J Contemp Dent Pract. 2018 Nov; 19(11).
51. Thurnheer T, Balivasakis G. Effect of sodium fluoride on oral biofilm microbiota and enamel demineralization. Arch Oral Biol. 2018 May; 89.
52. Scholz K, Federlin M, Hiller K, Ebersberger H. Scientific Reports (Internet). 2019 (citado 30 May 2019). Disponible en: www.nature.com/scientificreports
53. Vashbour W, Gupta P, Worthington H, Boyers D. Cochrane Database Syst Rev (Internet). 2020. Disponible en: get.covidence.org.
54. Singh C, Kaur K, Kapoor K. Penetration of pit and fissure sealant versus flowable composite: An in vitro one-year comparative evaluation. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2017 Oct; 37(4).
55. Cvikl B, Moritz A, Bekes K. Pit and fissure sealant. A comprehensive review. Dent J (Basel). 2018 Jun; 6(2).
56. Villegas Salhuana J, Roncal Espinoza R. Resinas infiltrativas como tratamiento para la fluorosis dental. Una revisión de literatura. Rev Estomatol Herediana. 2022 Set; 32(3).
57. Cedillo Valencia J, Cedillo Félix J. Resinas infiltrantes, una novedosa opción para las lesiones de caries. Revista ADM Práctica Clínica. 2012 Ene-Feb; 19(1).
58. Sava-Rosianu R, Pordariu A, Negrutiu M, Szuhanek C, Sinescu C. Grado de penetración de resina de baja viscosidad en lesiones de caries incipientes. Rev Chim. 2017; 68: 2588–2592.
59. El-Zankalouny SM, Abd El Fattah WM, El-Shabrawy S. Profundidad de penetración y microdureza del esmalte del infiltrante de resina y técnicas tradicionales para el tratamiento de lesiones de esmalte artificial. Alex Med J. 2016; 41.
60. Fuentealba N, Diaz-Meléndez J, Sandoval-Vidal P. Resinas infiltrantes un tratamiento eficaz y mínimamente invasivo para el tratamiento de lesiones blancas no cavitadas. Revisión bibliográfica. Av Odontoestomatol. 2017 May-Jun; 33(3).
61. Lee J, Chen J, Omar S, Kwon S, Mwharry M. Evaluation of stain penetration by beverages in demineralized enamel treated with resin infiltration. Oper Dent. 2016; 92(102).

62. Jia L, Stawarczyk B, Schmidlin O, Attin T. Effect of caries infiltrant application on shear bond strength of different adhesive systems to sound and demineralized enamel. *J Adhes Dent.* 2012; 14.
63. Paris S, Schwendicke F, Keltsch J, Dorfer C, Meyer Lueckel H. Masking of white spot lesions by resin infiltration in vitro. *J Dent.* 2013 Abr; 41(4): e28-e34.
64. Paris S, Schwendicke F, Seddg S, Muller W, Dorfer C, Meyer Lueckel H. Micro-hardness and mineral loss of enamel lesions after infiltration with various resins: Influence of infiltrant composition and application frequency in vitro. *J Dent.* 2013; 41(6): 543-553.
65. Borges AB, Caneppele T, Masterson D, Maia L. Is resin infiltration an effective esthetic treatment for enamel development defect and white spot lesions? A systematic review. *J Dent.* 2017; 56: 1-12.
66. Gomez C, Borges A, Torres L, Gomez I, Oliveira R. Effect of caries infiltration technique and fluoride therapy on colour masking of white spot lesions. *J Dent.* 2011; 39.
67. Sandoval P, Voguel R, Enriquez D, Knosel M. Management of post-orthodontic white-spot-lesions: Clinical handling of the resin infiltration technique. *Int J Odontostomat.* 2016; 10(1).
68. Paris S, Meyer Luecke H, Kielbassa A. Resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res.* 2007 Mar; 86(7).
69. Paris S, Meyer Lueckel H. Enmascaramiento de caries de esmalte vestibular con infiltración de resina. Caso clínico. *Quintessence Int (Ed. Esp.).* 2010; 61(2): 159-164.
70. Rivera Velásquez C, Ossa HA, Arola D. Fragilidad y comportamiento mecánico del esmalte dental. *Rev Ing Bioméd.* 2012 Jul-Dic; 6(12).
71. Curiqueo A, Borie E, Navarro P, Fuentes R. Relación entre fuerza masticatoria máxima funcional e índices antropométricos en adultos jóvenes chilenos. *Av Odontoestomatol.* 2016 Set; 32(5).
72. Park S, Queen JB, Romberg E, Arola D. On the brittleness of enamel and selected dental materials. *Dent Mater.* 2008 Mar.
73. Mandava J, Reddy S, Chalasani U, Ravi R, Borugadda R, Konagala R. Microhardness and penetration of artificial white spot lesions treated with resin or colloidal silica infiltration. *J Clin Diagn Res.* 2017 Abr; 11(4).
74. Neres E, Moda M, Chilba E, Briso A, Pessan J, Fagundes T. Microhardness and roughness of infiltrated white spot lesions submitted to different challenges. *Oper Dent.* 2017 Jul-Ago; 42(4).

75. Zamorano Pino X, Valenzuela-Aranguiz V, Vidal-Prado C, Vidal Tardon M. Microdureza de caries incipientes artificiales infiltradas con resinas de baja viscosidad antes y después del termociclado. *Av Odontoestomatol*. 2015 May; 31(6).
76. Rivera Velázquez C, Ossa H, Arola S. Brittleness and Mechanical behavior of dental enamel. *Rev Ingenieria Biomédica*. 2012 Jul; 6(12).
77. Craig R, Ward M. Propiedades Mecánicas. En: O'Brien WJ, editor. *Materiales de Odontología Restauradora*. Madrid: Harcourt Brace; 1998. p. 58-103.
78. Mosquera K, Vanegas M, Vargas N, Pavón G. Influencia de los alimentos cítricos sobre el esmalte dental. *Rev Odontol Basadrina*. 2022 Jul; 6(2).
79. Geha O, Inagaki L, Favaro J, González A , Guiraldo R, Lopes M, Berger S. Efecto de los desafíos químicos en las propiedades de las resinas compuestas. *Rev Int Odontol*. 2021 Dic.
80. Madrid Troconi C, Molina S, Redondo M. Efectos de la bebida Coca-Cola en los tejidos dentales duros, materiales restauradores y aditamentos ortodónticos: estado del arte. *Rev Fac Odontol Univ Antioq*. 2025; 37(1).
81. Torres D, Fuentes R, Bornhardt T, Iturriaga V. Erosión dental y sus posibles factores de riesgo en niños: revisión de la literatura. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral*. 2016; 9(1): 19-24.
82. Margolis H, Moreno E, Murphi BJ . Importancia de los ácidos con alto pKa en el potencial cariogénico de la placa. *J Dent Res*. 1985 May; 64(5).
83. Baikété J, Malloun A, Conradie A. Machine learning prediction of pKa of organic acids. *Artif Intell Chem*. 2025 Jul.
84. Núñez Díaz P, Del Rio Highsmith J. Estudio comparativo entre sistemas de medición del color en odontología (espectrofotometría). *Gaceta Dental*. 2007; 179.
85. López Soto O, Cerezo Correa M. Potencial erosivo de las bebidas industriales sobre el esmalte dental. *Rev Cubana Salud Pública*. 2008; 34(4).
86. López T. Relación entre la erosión dental y el consumo de bebidas refrescantes en escolares de 12 a 16 años de un centro educativo en Perú. *RAOA*. 2023 Dic; 111(3).
87. Avery JK. Investigación en anatomía, histología y ciencias afines. *J Am Dent Assoc (Ed. Esp.)*. 1965; 70(6).

88. Trujillo M, Acosta A, Burgos M, Hollos V, Orozco J. Erosión del esmalte dental en dientes expuestos a bebidas de origen industrial. Estudio piloto in vitro. *Int J Interdiscip Dent*. 2021; 14(3).
89. Carrión E, Arbulú D, Chu Jon L. Potencial erosivo de jugos naturales, jugos industrializados y gaseosas. Revisión de literatura. *Rev Estomatol Herediana*. 2018 Ene-Mar; 28(1).
90. Grippio J, Simring M, Schreiners S. Attrition, abrasion, corrosion and abfraction revisited. *J Am Dent Assoc*. 2004; 135: 1109-1118.
91. Suddick R, Down F. Mecanismos de secreción de la saliva. En: Lewis M, editor. *Bases biológicas de la caries dental*. Buenos Aires: Salvat; 1986. p. 67-118.
92. Boacjke R, Suddik R. Proteínas salivales y la salud oral. En: Lewis M, editor. *Bases biológicas de la caries dental*. Buenos Aires: Salvat; 1986. p. 119-138.
93. Agerñöf F. Secretion and composition of saliva. En: Fejerskov O, Kidd E, editores. *Dental Caries: The disease and its clinical management*. Oxford: Blackwell Munksgaard; 2003. p. 7-28.
94. Lussi A, Jaeggi T, Zero D. The role of diet in the aetiology of dental erosion. *Caries Res*. 2004; 38(1): 34-44.
95. Meurman J, Ten Cate JM. Pathogenesis and modifying factors of dental erosion. *Eur J Oral Sci*. 1996; 104: 199-206.
96. Lorca Salañer A, Carrasquer Burguesa A. Efecto de los colutorios con contenido alcohólico: revisión de la literatura. *RCOE*. 2005; 10(4).
97. Morales Monserrat A, Hernández S, Hormazabal L, Reyes Cayul A. Abordaje del deterioro cognitivo en adolescentes con consumo problemático de sustancias ilícitas. *Orientación Educacional*. 2024 Oct; 39(33).
98. Ruano M, Salavarría J, Delgado R. Evaluación de calidad y cumplimiento del rotulado en bebidas energizantes, deportivas y sueros orales de acuerdo a la normativa ecuatoriana. *Pentaciencias*. 2024.
99. Tanthanuch S, Bkukiatrakoon B, Thongsroi T, Saessaw , P, et al. In vitro surface and color changes of tooth-colored restorative materials after sport and energy drink cyclic immersions. *BMC Oral Health*. 2022.
100. Alarcón Torres S, Chávez Méndez M. Rugosidad superficial de dos resinas compuestas después de la inmersión a bebidas gaseosas. Estudio in vitro. *Rev Científica Odontológica Lima* 2024; 12(1)

101. Rodríguez D, Pereira N. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta Odontol Venez*. 2008; 46(3).
102. Restrepo J. Influencia del espesor de tres resinas compuestas translúcidas de diferente tonalidad sobre la luminosidad (Tesis). Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2014.
103. Vaca MJ, Ceballos L, Fuentes M, Osorio R, Toledano M, García Godoy F. Sorción y solubilidad de materiales formulados con resinas. *Av Odontoestomatol*. 2003 Nov-Dic; 19(6).
104. Llena C, Lozano E, Amengual J, Forner L. Reliability of two color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Contemp Dent Pract*. 2011 Ene; 12(1).
105. Odaira C, Itoh S, Ishibashi K. Clinical evaluation of a dental color analysis system: the Crystaleye Spectrophotometer. *J Prosthodont Res*. 2011 Feb; 55(4).
106. Fradeani M. Rehabilitación estética en prostodoncia fija: análisis estético. Vol 1. Barcelona: Quintessence; 2006.
107. Witkowski S, Yajima N, Wolkewtz M, Strub J. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. *Clin Oral Investig*. 2012 Jun; 16(3).
108. Khurana R, Tredwin C, Weisbloom M, Moles D. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *Br Dent J*. 2007 Dic; 203(12).
109. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent*. 2004; 32(Supl 1): 3-12.
110. Land M, Rosenstiel D, Fujimoto J. Prótesis fija contemporánea. 5a ed. Barcelona: Elsevier; 2016.
111. Bahannan SA. Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. *J Dent*. 2014 Ene; 42(1): 48-52.
112. Frondiest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2003; 23.
113. Hernández Rodríguez ZM. Estudio clínico del color dental en la población española según sexo y edad. *Gaceta Dental*. 2009; 203: 160-175.
114. Alsaleh S, Labban M, Alhariri M, Tashkandi E. Evaluation of self shade matching ability of dental students using visual and instrumental means. *J Dent*. 2012 Jul; 40(Supl 1).

115. Soldevilla M. Evaluación de la concordancia de tres métodos de registro de color dental: guía dentaria, luz polarizada y espectrofotometría (Tesis Doctoral). 2014 Set.
116. Dorgia E. La luz, el color y su percepción. En: Lopez R, editor. *Estética en Odontología Restauradora*. Madrid: Ripano; 2006. p. 56-57.
117. Pascual Moscardó A, Camps Alemany I. .Apreciación cromática en la clínica y el laboratorio. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2006 Jul; 11(4).
118. Al Ankily M, Makkeyah F, Bakr M, Shamel M. Evaluación de los efectos del tabaquismo y los productos de tabaco calentado en los tejidos dentales duros: un análisis histológico y colorimétrico comparativo. *Clin Exp Dent Res*. 2024 Ago; 10(4).
119. King K, Rijk W. Variaciones de los valores Lab* entre las guías de colores clásicas de Vitapan. *J Prosthodont*. 2007 Set-Oct; 16(5).
120. Dagg H, O'connell B, Claffey N, Byrne D, Gorman C. La influencia de diferentes factores en la precisión de la selección de tonos. *J Oral Rehabil*. 2004 Set; 31(9).
121. Brokos I, Polychronakis N, Polyzois G, Lagouvardos P, Krejci I. Efectos metaméricos de la iluminación sobre las diferencias de color entre marcas y dentro de una misma marca en resinas compuestas directas. *J Prosthet Dent*. 2022 Dic; 128(6).
122. McKinney JE, Wu W. Chemical softening and wear of dental composite. *J Dent Res*. 2011 Jul; 64.
123. Higashi C, Mongruel Bomes M, García E, Gómez O, Gómez J. Color y características ópticas para restauraciones estéticas de dientes anteriores. *Acta Odontol Venez*. 2010 Dic; 49(4).
124. Moraes Pizzotto L. Compuestos de resina en dientes posteriores: rendimiento clínico y técnicas de restauración directa. *Dent J (Basel)*. 2022 Nov; 10(12).
125. Reyes D, Andrade Souza A, Duarte JS. Fluorescence: Clinical evaluation of new composite resins. *Quintessence Dent Technol*. 2012; 35.
126. Maravankin F. El color en odontología restauradora. En: Lanata E, editor. *Atlas de Operatoria Dental*. Buenos Aires: Alfaomega; 2008. p. 97-142.
127. Pizzolotto L, Moraes RR. Resinas compuestas en dientes posteriores: rendimiento clínico y técnicas de restauración directa. *Dent J (Basel)*. 2022 Nov; 10(12).

128. Klaff D. Restauración previsible con resina composite: la naturaleza del color (Parte 1). Dialnet. 2004 Set; 7(69).
129. Meller C, Klein C. Fluorescence properties of commercial composite resin restorative materials in dentistry. Dent Mater J. 2012; 31(6).
130. Bardocz-Veres Z, Szekeily M, Salamon P, Bala E, Bereczki E, Kerekes-Mathe B. Quantitative and qualitative assessment of fluorescence in aesthetic direct restorations. Materials (Basel). 2022 Jun 30; 15(13).
131. Lafuente D. Física del color y su utilidad en odontología. Rev Cient Odontol. 2008 Jun; 4(1).
132. Markowitz K, Carey K. Evaluación de la apariencia y la fluorescencia de la resina: lesiones blancas infiltradas con dispositivos de detección de caries. Oper Dent. 2018 Ene-Feb; 43(1).
133. Yuan H, Lee J, Chen L, Chen L, Cannon R, Mei L. Esthetic comparison of white-spot lesion treatment modalities using spectrometry and fluorescence. Angle Orthod. 2014 Mar; 84(2).
134. Kamonkhantikul K, Arksornnukit M, Takahashi H, Kanehira M, Finger W. Polishing and toothbrushing alters the surface roughness and gloss of composite resins. Dent Mater J. 2014 Jun; 33(5).
135. Zovko R, Cvitanovic S, Mavic M, Šarac Z, Ćoric A, Glavina D, Gorseta K. Efecto de la degradación química y el pulido sobre el brillo de los materiales dentales compuestos. Materials (Basel). 2023 May; 16(10).
136. Minami H, Hori S, Kurashige H, Murahara S, Muraguchi K, Minesaki Y, et al. Effects of thermal cycling on surface texture of restorative composite materials. Dent Mater J. 2007 May; 26(3): 316-322.
137. Treetossatep I, Natawan K, Rakamane T. Staining susceptibility and surface roughness of teeth restored by microabrasion and resin infiltration: an in vitro study. Polímeros. 2024 Dic; 16(24).
138. Fernández MA, González L, Rodríguez F. Effectiveness of aluminum oxide and diamond-impregnated polishers on composite resin surfaces. Clin Oral Investig. 2020; 24(2).

139. Millar BJ, Deb S, Wheeler J. A study on the impact of polishing techniques on the surface properties of dental composite resins. *Br Dent J.* 2019; 227(5): 413–420.
140. Duarte S, Freitas C, Saavedra G, Brandt W. Surface roughness and gloss of resin composites after different finishing and polishing techniques. *Oper Dent.* 2022; 47(3).
141. Jaramillo-Cartagena R, Lopez Galeano EL, Latorre Correa F, Agudelo Suarez A. Effect of polishing systems on the surface roughness of nano-hybrid and nanofilling composite resins: A systematic review. *Dent J (Basel).* 2021; 9(8).
142. De Melo TP, Ash Delgad AHS, Martins R, Lassilla L, Garoushi S, Caldeira J, Azul AM, Vallitus P. Can specular gloss measurements predict the effectiveness of finishing/polishing protocols on dental polymers? A systematic review and a linear mixed-effects prediction model. *Oper Dent.* 2022 May; 47(3).
143. O'Neill C, Kreplak L, Reuggeberg F, Labrie D, Shimokawa C, Price R. Effect of tooth brushing on gloss retention and surface roughness of five bulk-fill resin composites. *J Esthet Restor Dent.* 2018; 30(1).
144. Price RB, Labrie D, Shimokawa C, Rueggeberg F. Comparative evaluation of the effectiveness of polishing systems on resin composites. *J Can Dent Assoc.* 2019; 85: d4.
145. Sabti M, Akbar A, Alfarhan I, Qudeimat, M. Manejo de la decoloración posterior al tratamiento en dientes infiltrados con resina: efectos comparativos del pulido y el blanqueamiento. *Oper Dent.* 2026 Feb; 50(5).
146. United States Environment al protection agency Washington D. C. Sumary of humand health effect. Data for the citric acid. Registration Review Decision Document. 2008.
147. Queiroz C. pH cycling models to evaluate the effect of low fluoride dentifrice on enamel de- and remineralization. *Braz Dent J.* 2008; 19(1).
148. Wozniak WT, Naleway C, González E, Schemehorn B, Stookey G. Use of an in vitro model to assess the effects of APF gel treatment on the staining potential of dental porcelain. *Dent Mater.* 1991 Oct; 7(4).
149. Souza Olivera L, Dos Santos SJ, DaMata L, Brasil Leal C, Ferreira D, Toda C, Guedes D. Efecto de diferentes bebidas sobre la estabilidad del color y la fluorescencia de resinas. Estudio in situ. *Invest Clin Oral.* 2024 Set; 28(10).

150. Rey N, Benbachir N, Bertolotto T, Krejci I. Evaluation of the staining potential of a caries infiltrant in comparison to other products. *Dent Mater J.* 2014; 33(1).
151. Ritwik P, Jones C, Fan Y, Sarcar N. Hydrolytic and color stability of resin infiltration: a preliminary in vitro trial. *J Contemp Dent Pract.* 2016 Ene; 17(5).
152. Chadwick AC, Kentridge R. The perception of gloss: a review. *Vision Res.* 2015 Abr; 109(Parte B): 221-235.
153. Rocha RS, Fagundes T, Caneppele T, Bresciani E. Perceptibility and acceptability of surface gloss variations in dentistry. *Oper Dent.* 2020 Ago; 45(2).
154. Bauer H, Illie N. Effects of aging and irradiation time on the properties of a highly translucent resin base composite. *Dent Mater J.* 2013; 32(4).
155. Poggio C, Dagna A, Chiesa M, Colombo M, Escribano A. Rugosidad superficial de compuestos de resina fluida erosionados por bebidas ácidas y alcohólicas. *Rev Odontol Conserv.* 2012 Abr-Jun; 15(2).
156. Tanthanuch S, Kukiattrakoon B, Jantaravisoot J, Chanafi C, Areewong C, Ampawa N. Degradabilidad de compuestos de resina de relleno masivo después de inmersión cíclica en diferentes bebidas alcohólicas destiladas. *J Esthet Restor Dent.* 2022 Jun; 24(4).
157. Bicer Z, Yaman B, Celiksoz O, Tepe H. Evaluation of the color stability of dental composites subject to artificial aging procedures: immersion in different solutions, brushing and thermocycling. *Odontology.* 2025; 113.
158. Prajapati D, Nayak R, Pai D, Upadhya N, Bashir V, Kamath P. Efecto de la infiltración de resina en la caries artificial: una evaluación in vitro de la penetración de la resina y la microdureza. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2017 Jul-Set; 10(3).
159. Gurdogan EB, Ozdemir Ozenen D, Sandalli N. Evaluation of surface roughness characteristics by atomic force microscopy and microhardness inspection after resin infiltration with Icon. *J Esthet Restor Dent.* 2017 May; 29(3).

