

Efecto de las soluciones pigmentantes en el color de dientes tratados con ortodoncia fija: un estudio *in vitro*

Alba Lucía Acosta-Valderrama, Est., Hilda Figueroa-Cadena, Est., Mónica Cecilia Rivillas-Sánchez, Est., Linda Delgado-Perdomo, Esp., Adiel Ruiz-Gómez*, Esp.

Facultad de Odontología, Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, Colombia

Recibido: 11 de abril de 2014. **Aprobado:** 2 de mayo de 2014.

***Autor de correspondencia:** Adiel Ruiz Gómez, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá, Cra. 13A n.º 38-22, teléfono (57) 1 245 97 58, correo electrónico: adiela.ruizg@campusucc.edu.co

Cómo citar este artículo: Acosta-Valderrama AL, Figueroa-Cadena H, Rivillas-Sánchez MC, Delgado-Perdomo L, Ruiz-Gómez A. Efecto de las soluciones pigmentantes en el color de dientes tratados con ortodoncia fija: un estudio *in vitro*. Rev Nac Odontol. 2014;10(18):49-56. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/od.v10i18.721>

Resumen. *Introducción:* esta investigación pertenece a la línea de investigación “Terapéuticas y biomecánicas en ortodoncia y ortopedia” realizada en el 2013 por el grupo ODONTOPOSTGRADOSUCC de la Facultad de Odontología, sede Bogotá. El objetivo fue evaluar las alteraciones del color dental con tres bebidas oscuras, en dientes tratados con ortodoncia fija. *Métodos:* estudio experimental *in-vitro*, con 48 premolares humanos, aleatorizados en tres grupos de 16 dientes. Después de la cementación y descementación de *brackets*, los dientes fueron sumergidos durante 10 días a 37°C, en Coca-cola®, vino tinto y café. El color fue medido antes de la cementación de *brackets* (τ_1) y después de la exposición a las sustancias (τ_2), con un espectrofotómetro (Vita Easyshade®). La diferencia en color (ΔE) fue calculada entre τ_1 y τ_2 . Se aplicó la prueba t pareada y Bonferroni para determinar el significado de las diferencias en los parámetros L, c, h ($p < 0,05$). *Resultados:* se encontró una diferencia significativa en L, c, h ($p = 0,05$); los cambios de color fueron significativos: entre 79,8 (Coca-cola®) y 7,5 (café) unidades ΔE . *Conclusiones:* los dientes presentaron cambios en el color del esmalte grabado al someterse a bebidas oscuras, presentando mayor diferencia con Coca-cola® y menor con café.

Palabras clave: esmalte dental, decoloración dental, espectrofotometría, agentes colorantes.

The effect of discoloration solutions on the color of teeth treated with fixed orthodontics: An in vitro study

Abstract. *Introduction:* this research was conducted in 2013 by the ODONTOPOSTGRADOSUCC group at the Faculty of Dentistry, Bogotá campus, and belongs to the “Therapeutics and biomechanics in orthodontics and orthopedics” line of research. The aim of the research was to evaluate changes in tooth color with three dark beverages, for teeth treated with fixed orthodontics. *Methods:* in this in-vitro experimental study, 48 human premolars were randomly split into three groups of 16 teeth. After cementing and then de-cementing braces, the teeth were submerged in Coca-Cola®, red wine and coffee for 10 days at 37°C. Color was measured before cementing braces (τ_1) and after exposure to the substances (τ_2) with a spectrophotometer (Vita Easyshade®), to calculate the difference in color (ΔE) between τ_1 and τ_2 . Paired and Bonferroni t-tests were applied to determine the significance of difference in the parameters L, c, h ($p < 0.05$). *Results:* a significant difference was found in L, c, h ($p = 0.05$). Changes in color were significant: between 79.8 (Coca-Cola®) and 7.5 (coffee) ΔE units. *Conclusions:* teeth presented changes in the color of etched enamel when subjected to dark beverages, with the greatest differences occurring with Coca-Cola® and the smallest with coffee.

Keywords: dental enamel, dental discoloration, spectrophotometry, coloring agents.

Efeito das soluções pigmentantes na cor dos dentes tratados com ortodontia fixa: um estudo in vitro

Introdução: esta pesquisa pertence à linha de pesquisa “Terapéuticas e biomecánicas em ortodontia e ortopedia” realizada em 2013 pelo grupo ODONTOPOSTGRADOSUCC da Faculdade de Odontologia, sede Bogotá. O objetivo foi avaliar as alterações da cor dental com três bebidas escuras, nos dentes tratados com ortodontia fixa. *Métodos:* estudo experimental *in vitro*, com 48 pré-molares humanos, aleatorizados em três grupos de 16 dentes. Depois da cimentação e descimentação de *brackets*, os dentes foram imersos durante 10 dias a 37°C em Coca-cola®, vinho tinto e café. A cor foi medida antes da cimentação de *brackets* (τ_1) e depois da exposição às substâncias (τ_2), com um espectrofotómetro (Vita Easyshade®). A diferença na cor (ΔE) foi calculada entre τ_1 e τ_2 . Aplicou-se o teste t emparelhado e Bonferroni para determinar o significado das diferenças nos parâmetros L, c, h ($p < 0,05$). *Resultados:* Percebeu-se uma diferença significativa L, c, h ($p = 0,05$). As mudanças de cor foram significativas: entre 79,8 (Coca-Cola®) e 7,5 (café) unidades ΔE . *Conclusões:* os dentes apresentaram mudanças na cor do esmalte gravado ao submetê-lo a bebidas escuras, apresentando maior diferença com Coca-Cola® e menor com café.

Palavras-chave: esmalte dental, descoloração dental, espectrofotometria, agentes colorantes.



Introducción¹

Los pacientes que han tenido tratamientos de ortodoncia buscan un resultado final que, además de ser funcional, supla consideraciones estéticas, como buena posición de los dientes y adecuado color [1]. El color dental, definido como el color de la dentina que se deja ver a través del esmalte, no se puede considerar como un parámetro estable, debido a que intervienen muchas variables, como tipo de dentición, edad, sexo, etc. Adicionalmente, la percepción del color resulta de la combinación de tres factores: luz o fuente luminosa, objeto y observador [2, 3].

La sonrisa que muchas veces se observa no refleja el color real de los dientes, resultado de las decoloraciones o pigmentaciones a las que diariamente son expuestos. El color del cromógeno es similar al de la tinción dental como, por ejemplo, la placa bacteriana, cuyo color depende de la capacidad de absorber componentes salivales hacia el esmalte, y también las tinciones de sustancias como vino, café, té, Coca-cola[®], metales, etc. Entre los agentes colorantes más estudiados, están los polifenoles y los taninos, sustancias cromógenas presentes en el vino tinto, las cuales tienen la capacidad de adherirse a la superficie del esmalte, causando manchas o pigmentaciones del diente [4].

El café es una de las bebidas de mayor consumo en muchos países de América Latina. Es una sustancia abundante en compuestos fenólicos como ácido clorogénico, caféico y melanoidinas, de efectos antioxidantes o antimutagénicos demostrados *in-vitro* [5]. Entre sus componentes está la cafeína (1, 3, 7-trimetilxantina), producida naturalmente por otras plantas, como el guaraná, la yerba mate, el cacao y el té [6]. Se considera que una taza de café contiene 100 mg de cafeína, sin embargo, en ocasiones se excede el consumo con respecto a esta cantidad, lo que convierte al café en una de las bebidas con mayor potencial de pigmentación de los dientes [7].

Además del vino tinto y el café, las bebidas gaseosas colas que se consumen alrededor del mundo representan otro grupo de bebidas oscuras que afecta la superficie del esmalte dental, erosionándola o pigmentándola. Entre sus componentes se encuentran: agua, azúcar, edulcorantes, ácidos (ortofosfórico, cítrico, málico, tartárico), cafeína, colorantes, saborizantes, dióxido de carbono, conservantes y sodio [8-10]. El ácido

ortofosfórico es una sustancia altamente corrosiva que tiene la capacidad de disolver sales de calcio, magnesio y sodio, lo que origina desmineralización en el esmalte dental en las personas que ingieren productos que lo contienen [10].

Aunque los efectos sobre el esmalte dental producidos por la cementación y descementación de *brackets* se han estudiado ampliamente [11-15], la decoloración o cambios de color de la superficie del esmalte tratada por efecto de las bebidas oscuras se ha estudiado muy poco. Los tratamientos de ortodoncia con aparatos fijos utilizan resina como agente cementante lo cual genera cambios estructurales químicos o físicos en el esmalte, por los procedimientos empleados durante la cementación, descementación y remoción del adhesivo, causando pérdidas de esmalte superficial entre 22,8 y 50,5 μm [15]. El efecto de las bebidas oscuras sobre el esmalte dental tratado se considera una coloración y, por lo tanto, es importante establecer la diferencia entre coloración y tinción de los tejidos del diente, porque aunque en las dos situaciones hay presencia de pigmentos, la primera es externa, es decir, en la superficie del esmalte, mientras que la segunda es interna, es decir, se presenta en capas más profundas del diente, incluso puede llegar a dentina.

Se han realizado algunos estudios sobre la influencia de bebidas oscuras en la estabilidad del color de los adhesivos ortodónticos usados para cementar los *brackets*. Çöreckçi, Irgin, Malkoc y Ozturk analizaron el efecto *in-vitro* de 5 bebidas (cola, té negro, café, yogurt natural y vino tinto) en el color de 6 tipos de adhesivos ortodónticos [16]. Los resultados mostraron que la estabilidad del color fue inaceptable para todos los adhesivos, en las cinco sustancias. Concluyen que todos los adhesivos sufren de cambio de color durante el tiempo de vida útil.

Otros autores han estudiado los cambios de color *in-vitro* del esmalte dental tratado con aditamentos fijos, por efecto del tipo de adhesivo utilizado [17-20]. En estos estudios, se analizó el efecto del envejecimiento de las resinas de un solo paso, el ionómero de vidrio y la resina fluida en el color del esmalte después de un tratamiento ortodóntico, encontrando una diferencia en el color por encima de 3,7 unidades ΔE , valor límite de diferencia propuesto como detectable por inspección visual, clínicamente [21].

Con respecto a investigaciones *in-vivo*, se realizaron dos estudios clínicos prospectivos [22, 23], en los que encontraron cambios en el esmalte dental de 2,85 unidades ΔE en promedio, después de la descementación de *brackets* y la remoción de adhesivo remanente.

¹ Este trabajo pertenece a la línea de investigación "Terapéuticas y biomecánicas en ortodoncia y ortopedias". Se realizó en el 2013, en la Facultad de Odontología de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá, y pertenece al grupo de investigación ODONTOPOSGRADOSUCC.

El tiempo de los tratamientos fue entre 12 y 26 meses. No encontraron diferencias significativas entre los productos y los métodos de adhesión utilizados (desmineralización convencional con ácido y primer de auto-grabado).

Joo, Lee, Lee, Kim y Lim relacionaron la susceptibilidad a la pigmentación de la superficie de esmalte *in-vitro*, después de la descementación de *brackets*. Compararon dos tipos de adhesivos, con grabado convencional y primer de auto-grabado. Las muestras se sumergieron en una sustancia al 0,5% de azul de metileno durante 1 hora. No se encontraron diferencias significativas en la susceptibilidad a la pigmentación entre los dos materiales y el grupo control [25].

El método más objetivo para determinar clínicamente el color del esmalte dental es la espectrofotometría [16-20, 22-25] utilizada tanto en estudios *in-vitro* como *in-vivo*. Este método permite el uso del sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) y los parámetros L, c y h [26]. Los valores mencionados se refieren directamente a las características cromáticas de los dientes, siendo L la luminosidad, c el croma o intensidad y h la tonalidad [3].

El propósito del presente estudio fue evaluar las alteraciones en el color dental después de la descementación de *brackets* y la remoción de adhesivo remanente por efecto de tres bebidas oscuras: Coca-cola®, vino tinto y café, utilizando un espectrofotómetro y el sistema CIE-LCh.

Métodos

Se realizó un estudio experimental *in vitro*, con una muestra de 48 premolares humanos, completamente sanos, extraídos por motivos ortodónticos, con un periodo de almacenamiento no mayor a 30 días. El tamaño de la muestra se calculó tomando como base el grupo vino tinto, que se esperó con mayor dispersión según [27], con una confianza del 95%, una desviación estándar esperada de 10 unidades ΔE y una distancia a la media poblacional de no más de 5 unidades; por lo tanto, el tamaño por grupo fue de 16 muestras.

Preparación de las muestras

Una vez extraídos los premolares, se lavaron en agua a chorro y se cepillaron para remover el tejido periodontal remanente. Luego se depositaron en un recipiente con timol al 0,1% a temperatura de 4°C. Este procedimiento se realizó hasta completar el número total de la muestra

[15]. Una vez se completó la muestra, se marcaron los dientes con números consecutivos de 1 a 48 y utilizando un proceso de aleatorización con números, generado en Microsoft Excel®, se dividió la muestra en 3 grupos de 16 dientes cada uno.

Con el propósito de facilitar la manipulación y evitar la contaminación de la superficie del esmalte de los premolares, se ubicaron en bloques de acrílico homogéneos de 1 x 1,5 x 15 cm. Cada diente se introdujo en el bloque acrílico hasta el tercio cervical radicular, luego fueron debidamente numerados y marcados con la letra A para el grupo Coca-cola®, la letra B para el grupo vino tinto y la letra C para el grupo café.

Cementación y descementación de *brackets*

Se realizó el proceso de cementación de *brackets* (Unitek™ Gemini) haciendo una profilaxis con un cepillo, piedra pómez y agua durante 5 segundos con una pieza de mano de baja velocidad (NSK, Japón). Después del secado, los dientes fueron desmineralizados con ácido fosfórico al 35% (3M Unitek) durante 20 segundos, luego se lavó con agua y aire durante 10 segundos y, por último, se secaron con aire por 10 segundos más. Se aplicó una delgada capa de *primer* (Transbond XT, 3M Unitek) y se posicionó el *bracket* de premolar con la porción de resina en la base (Transbond XT, 3M Unitek), aplicando una fuerza de 8 oz, retirando los excesos de adhesivo con un explorador y fotopolimerizando durante 40 segundos (10 segundos en mesial, distal, oclusal y gingival) con una lámpara de fotocurado (LED Ligth Curing, CV-218).

Las muestras fueron sumergidas en agua destilada y 24 horas después los *brackets* fueron descementados con una pinza 'quitabrackets' (AEZ Ormco, Glendora, CA, EUA), ubicando las puntas de la pinza en mesial y distal del *bracket* y aplicando una fuerza compresiva, utilizando una torunda de algodón en la punta ubicada en oclusal del premolar y la otra punta ubicada perpendicular a la superficie de esmalte con el remanente de adhesivo, de manera que, al abrir y cerrar la pinza, se lograra el desprendimiento del adhesivo. Luego se realizó el pulido de la superficie del esmalte en todas las muestras, utilizando discos Sof-Lex finos y ultrafinos (3M ESPE AG, Seefeld, Alemania) durante 5 segundos en cada diente, con pieza de mano de baja velocidad (NSK, Japón). Una vez se finalizó la remoción de adhesivo y el pulido de la superficie del esmalte [28], los dientes se volvieron a sumergir en agua destilada. Todos los procedimientos de cementación, descementación

de *brackets* y reacondicionamiento del esmalte fueron realizados por un ortodoncista experto.

Medición del color

El color inicial (τ_1) se tomó una vez realizada la aleatorización de los dientes en los tres grupos, antes de la cementación de los *brackets* (figura 1) y una segunda medición (τ_2) se hizo después de la descementación, la remoción de adhesivo y la exposición de los dientes a las tres bebidas oscuras.

Se utilizó un espectrofotómetro estandarizado (Vita Easyshade, Vita Zahnfabrick, Alemania), el cual interpreta los tres parámetros del color utilizados por el sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). La información registrada por el espectrofotómetro se basa en los colores de la guía VITA SYSTEM 3D-MASTER® de 29 muestras de colores.



Figura 1. Toma inicial del color con el espectrofotómetro
Fuente: elaboración propia

La representación gráfica del espacio cromático dental con los valores L, c y h se describe con la forma de un plátano, situado entre el rojo claro y el amarillo claro, paralelamente al eje de luminosidad (figura 2). Los parámetros son:

- Luminosidad (L): corresponde a la claridad o a la oscuridad de un color en relación con una serie de tonalidades grises en la gama desde el blanco ($L = 100$) hasta negro ($L = 0$).
- Intensidad o croma (c): corresponde a la distancia del eje L al punto cromático, es decir, a la saturación de un color al alejarse del eje L. Se valora de 0 (menor saturación) a 100 (mayor saturación).
- Tonalidad (h): corresponde a un ángulo entre el eje +a (rojo) y el punto cromático, ubicado entre los ejes +a y +b (amarillo) donde se ubican los colores dentales naturales.

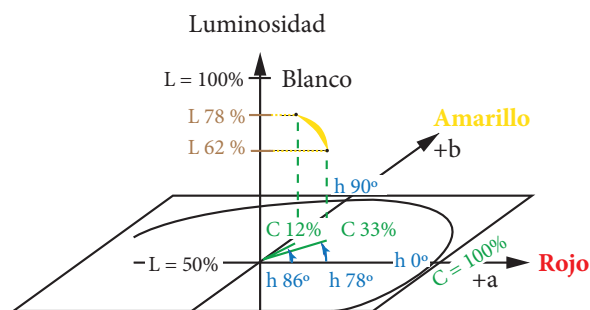


Figura 2. Posición del espacio cromático dental
Fuente: [3]

Desde una perspectiva más práctica, los dientes más claros presentan una mayor luminosidad, menor intensidad y una mayor proporción de amarillo (un mayor valor h), y los dientes más oscuros presentan una menor luminosidad, mayor intensidad y una mayor proporción de rojo (un menor valor h).

Para la calibración del procedimiento, se siguieron las instrucciones de la casa fabricante y todas las mediciones del color fueron realizadas por un solo operador experto. Se estandarizó la colocación de la punta del espectrofotómetro en el tercio medio de la cara vestibular de los dientes, no sólo porque es el lugar de cementación de los *brackets*, sino porque también corresponde al sitio que mejor representa el color del diente [3].

Los cambios en el color se establecieron por la diferencia entre los valores de los parámetros L, c y h en τ_1 y τ_2 , en unidades ΔE [26]. Se calculó de la siguiente manera:

1. Se determinan las diferencias:
 $\Delta L = (L_1 - L_2)$, $\Delta C = (C_1 - C_2)$ y $\Delta h = (h_1 - h_2)$
2. Las diferencias se elevan al cuadrado:
 $(L_1 - L_2)^2$, $(C_1 - C_2)^2$ y $(h_1 - h_2)^2$
3. Se suman los tres cuadrados obtenidos.
4. Se obtiene la raíz cuadrada de la suma anterior:
 $\Delta E = [(L_1 - L_2)^2 + (C_1 - C_2)^2 + (h_1 - h_2)^2]^{1/2}$

La diferencia perceptible entre el color del diente natural más claro y el más oscuro se visualiza como la distancia entre las posiciones de ambos colores en el espacio cromático y se denomina ΔE . Esta fórmula matemática no expresa en qué dirección se orienta la desviación del color de la muestra, ni indica si el color de la muestra se distingue del color de referencia por una menor luminosidad y una mayor intensidad cromática.

Procedimiento con las bebidas oscuras

Los dientes fueron sumergidos en las tres bebidas oscuras a 37°C durante 10 días consecutivos, 24 horas después de realizar la descementación y adecuación del esmalte dental, en cubetas plásticas y en una cantidad correspondiente a 120 ml (figura 3). Para el grupo A (Coca-cola®) se utilizó la gaseosa tradicional. Para el grupo B (vino tinto) se utilizó un Malbec (Gato Negro®). Para el grupo C (café) se utilizó café molido balanceado (Juan Valdez®), el cual fue preparado según las indicaciones del fabricante; una cucharada de café (5-7 gr) en una taza (120 ml) de agua hervida.

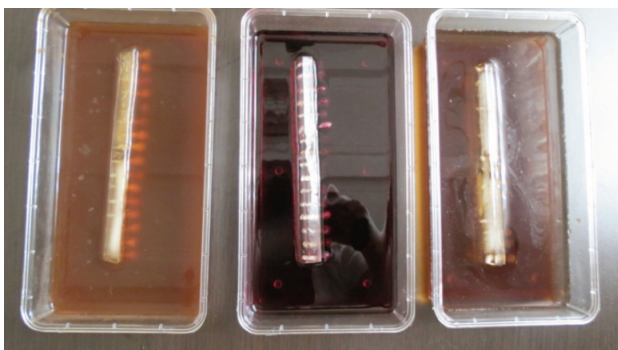


Figura 3. Exposición de los dientes a las tres bebidas oscuras
Fuente: elaboración propia

Todas las sustancias se cambiaron diariamente para evitar la colonización de bacterias y la pérdida de sus propiedades. Debido a que no existe una estandarización o protocolo de exposición de las muestras en las bebidas pigmentantes, pues se encuentran en la literatura científica estudios con tiempos de exposición de 1 hora [25] hasta de 4 semanas [29], se decidió exponer los dientes a 10 días consecutivos, equivalentes a la suma de tiempos en que una persona con un alto consumo de bebidas oscuras (Coca-cola®, vino tinto y café) expone sus dientes a estas sustancias durante un año.

Análisis estadístico

Los datos fueron registrados en un archivo Microsoft Excel® 2010 y analizados con el programa R, versión 2013. En la descripción de las variables de tipo cuantitativo se utilizaron promedios y desviaciones estándar para los valores iniciales, finales y para las diferencias entre inicial y final de los parámetros L, c y h, con sus respectivos coeficientes de variación para determinar la homogeneidad de los datos. Se calculó la diferencia en el cambio de color ΔE . Se aplicó la prueba t pareada para determinar la significancia de la diferencia en

el cambio de los parámetros L, c y h, y la prueba t de Bonferroni para determinar la significancia de la diferencia en el color entre los promedios de cada grupo. En la prueba t de Bonferroni se consideró que las diferencias entre las varianzas de grupos eran significativas de acuerdo con la prueba ANOVA ($p < 0,01$) realizada previamente. El nivel de significación fue $p = 0,05$, lo cual quiere decir que son significativas en la prueba t pareada ($p < 0,05$), pero en las comparaciones múltiples es significativa si $p = 0,05/3 = 0,016$.

Resultados

Todas las mediciones se consideraron válidas para realizar el análisis del color dental en las 48 muestras utilizadas en el presente estudio. Los datos son paramétricos, con varianzas pequeñas y una distribución normal, debido a que todos se obtuvieron de un equipo perfectamente calibrado, en unidades de densidad óptica. El sistema CIE-Lab puede aplicarse muy bien con ayuda de los parámetros L, c y h, manteniendo la distribución de los colores en el espacio cromático. En el sistema CIE-Lch, se define la posición de un color con base en la distancia con la coordenada L, la cual nos da el resultado de la luminosidad; la dimensión la da c, que es el croma, y el ángulo h da la tonalidad.

Los valores promedio de los parámetros de color L, c y h determinados para el grupo A (Coca-cola®), en la primera medición (T_1) fueron $82,5 \pm 6,1$; $42,9 \pm 2,8$ y $79,9 \pm 2,3$ respectivamente. En la segunda medición (T_2) fueron $11,5 \pm 3,9$; $32,8 \pm 4,7$ y $45,4 \pm 4,2$ respectivamente y una diferencia significativa ($p < 0,05$), lo que indica que la bebida causó cambios en el color de las muestras.

En cuanto a los valores promedio de los parámetros de color L, c y h determinados para el grupo B (vino tinto), en T_1 fueron $82,4 \pm 6,5$; $42,1 \pm 4,1$ y $79,6 \pm 2,3$ respectivamente. Para T_2 los valores fueron $44,4 \pm 36,2$; $25,8 \pm 9,1$ y $69,4 \pm 18,1$ respectivamente y una diferencia significativa ($p < 0,05$), lo que indica que la sustancia causó cambios en el color de las muestras.

Y por último, en relación con los valores promedio de los parámetros de color L, c y h determinados para el grupo C (café), en T_1 fueron $88,0 \pm 4,0$; $41,4 \pm 4,2$ y $8,6 \pm 2,3$ respectivamente. Para T_2 los valores fueron $82,2 \pm 4,2$; $45,4 \pm 4,1$ y $79,6 \pm 2,1$ respectivamente, con una diferencia significativa ($p < 0,05$), lo que indica que la sustancia causó cambios en el color de las muestras (tabla 1).

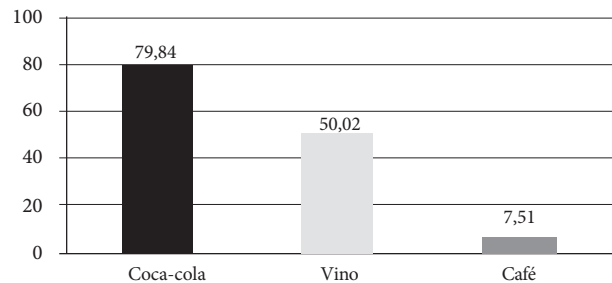
Tabla 1. Parámetros del color según la CIE-L, c, h para los grupos en T1 y T2

Grupo	Parámetros	T1	T2	Δ Promedio	ΔE	Valor p
A (Coca-Cola®)	L	82,5 ± 6,1	11,5 ± 3,9	70,9 ± 7,5	79,8 ± 8,3	< 0,05
	C	42,9 ± 2,8	32,8 ± 4,7	10,1 ± 6		
	h	79,9 ± 2,3	45,4 ± 4,2	34,5 ± 4,7		
B (vino tinto)	L	82,4 ± 6,5	44,4 ± 36,2	38 ± 37,5	50 ± 32,8	< 0,05
	C	42,1 ± 4,1	25,8 ± 9,1	16,4 ± 8		
	h	79,6 ± 2,3	69,4 ± 18,1	10,2 ± 18,4		
C (café)	L	88,0 ± 4,0	82,2 ± 4,2	5,8 ± 3,2	7,5 ± 3,9	< 0,05
	C	41,4 ± 4,3	45,4 ± 4,1	(- 4,0) ± 2,4		
	h	81,6 ± 2,3	79,6 ± 2,1	1,9 ± 1,4		

*Los valores de la tabla corresponden a los valores encontrados por los autores al usar el espectrofotómetro sobre la muestra, aplicando los parámetros del sistema CIE-LCh

Fuente: elaboración propia

La diferencia de color (ΔE) en todos los grupos fue significativa, con valores de 79,8; 50 y 7,5 unidades para los grupos A, B y C, respectivamente (figura 4).

**Figura 4.** Cambio de color (ΔE) promedio para los grupos

Fuente: elaboración propia

Se aplicó la prueba t pareada para determinar el significado de la diferencia en el cambio de color para los parámetros L, c, h y E, y la prueba t de Bonferroni para determinar el significado de la diferencia entre los promedios de cada grupo.

El nivel de significancia fue $p = 0,05$, lo cual quiere decir que las diferencias en el color son significativas en la prueba t pareada, pero en las comparaciones múltiples es significativa si $p = 0,05/3 = 0,016$ (tabla 2).

Tabla 2. Prueba t pareada

T1 vs T2	ΔL	ΔC	Δh
A (coca-cola®)	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
B (vino tinto)	0,001	< 0,00001	0,0427
C (café)	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001

$p < 0,05$

Fuente: elaboración propia

En la prueba t de Bonferroni, se consideró que las diferencias entre las varianzas de grupos eran significativas de acuerdo con el ANOVA ($p < 0,01$) realizado previamente (tabla 3).

Tabla 3. Prueba t de Bonferroni

Comparación	ΔL	ΔC	Δh	ΔE
A vs B	0,0017	0,017	< 0,00001	0,0026
A vs C	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
B vs C	0,003	< 0,00001	0,084	< 0,00001

*En gris se resaltan las diferencias entre grupos que no son significativas, de acuerdo con el ANOVA realizado previamente ($p < 0,01$).

Fuente: elaboración propia

Discusión

Aunque los resultados de los estudios *in-vitro* deben interpretarse con precaución debido a la dificultad para simular con exactitud lo que sucede en cavidad oral, en algunos casos corresponden a la primera fase para el abordaje de algunos temas de investigación. La susceptibilidad a la pigmentación de los dientes como consecuencia de un alto consumo de bebidas oscuras es uno de estos temas por corresponder a cambios que ocurren en periodos de tiempo prolongados, adicional a corresponder a cambios negativos en la estética del paciente.

En este estudio *in-vitro*, que tuvo como objetivo evaluar las alteraciones del color dental en dientes tratados con ortodoncia fija, por efecto de tres bebidas oscuras (Coca-cola®, vino tinto y café), se comparó el color inicial (T1) con el color después de exponer los dientes a las sustancias (T2), diseño que tiene la ventaja de utilizar como control los mismos dientes.

Según Azer, Hague y Johnston, el cambio en el color de los dientes no sólo está condicionado por los pigmentos de las bebidas o comidas, sino también por el pH, al ser esta última variable más determinante que la primera [30]. Las bebidas oscuras con pH por debajo del límite crítico para la desmineralización dental, como la Coca-cola® [31], causan mayores cambios en el color dental, lo cual coincide con los resultados del presente estudio, donde el mayor cambio de color se presentó con la Coca-cola®.

Ningún estudio previo, ya sea *in-vitro* o *in-vivo*, ha revisado la susceptibilidad del esmalte dental a pigmentarse por efecto de bebidas oscuras o determinados alimentos después de un tratamiento de ortodoncia con aparatos fijos. Los estudios se enfocan en cambios en el color del adhesivo usado para cementar los *brackets* [16] y en cambios en el color de los *brackets* estéticos [32-33] por efecto de las bebidas oscuras.

Autores como [23], que encontraron cambios del color dental de 2,85 unidades ΔE en promedio, después de tratamientos de ortodoncia, sugieren la necesidad de más investigaciones para analizar el color dental durante la fase de retención, ya que los residuos de adhesivo permanecen en el esmalte, haciéndolo susceptible a mayores cambios en el color.

Conclusiones

1. Todas las bebidas oscuras ocasionaron cambios significativos en el color dental, después de exponerlos a las sustancias.
2. El café fue la sustancia que produjo un menor cambio y la Coca-Cola® produjo los mayores cambios del color dental.
3. Todos los valores de la diferencia en el color dental (ΔE) están por encima del valor considerado como clínicamente detectable por el ojo humano.

Referencias

- [1] García G, Ruiz R, Aristizábal JE, Soto EM, Báez LC. Cambio de color en la superficie dental libre y la cubierta por el *bracket* después del blanqueamiento dental. *Rev Col Invest Odontol*. 2011;1(3):60-7.
- [2] Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent*. 2004;32(Supl 1):3-12.
- [3] Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V. Die Bestimmung der Zahnfarben [La determinación del color del diente]. *Quintessenz Zahntechnik*. 2004;30(7):726-40.
- [4] Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *J Am Dent Assoc*. 1997;128 Suppl.:6s-10s.
- [5] Gutiérrez A. Café, antioxidantes y protección a la salud. *Medisan*. 2002;6(4):72-81.
- [6] Gomes de Souza RA, Sichieri R. Consumo de cafeína e de alimentos-fonte de cafeína e prematuridade: um estudo caso-controle. *Cad Saúde Pública*. 2005;21(6):1919-28.
- [7] Spiller MA. The chemical components of coffee. En: Spiller GA. *Caffeine*. New York: CRC Press Book; 1998. p. 97-161.
- [8] Navarro R, Vicente A, Ortiz AJ, Bravo LA. The effects of two soft drinks on bond strength, bracket microleakage, and adhesive remnant on intact and sealed enamel. *Eur J Orthod*. 2011;33:60-5.
- [9] Berger SB, Coelho AS, Oliveira VA, Cavalli V, Giannini M. Enamel susceptibility to red wine staining after 35% hydrogen peroxide bleaching. *J Appl Oral Sci*. 2008;16(3):201-4.
- [10] Ulusoy C, Müjdeci A, Gökay O. The effect of herbal teas on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Eur J Orthod*. 2009;31(4):385-9.
- [11] Artun J, Brobakken BO. Prevalence of carious white spots after orthodontic treatment with multibonded appliances. *Eur J Orthod*. 1986;8(4):229-34.
- [12] O'Reilly MM, Featherstone JD. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: an *in vivo* study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1987;92(1):33-40.
- [13] Mitchell L. Decalcification during orthodontic treatment with fixed appliances: an overview. *Br J Orthod*. 1992;19(3):199-205.
- [14] Zachrisson BU, Brobakken BO. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *Am J Orthod*. 1978;74(1):62-78.
- [15] Al Shamsi AH, Cunningham JL, Lamey PJ, Lynch E. Three-dimensional measurement of residual adhesive and enamel loss on teeth after debonding of orthodontic brackets: an *in-vitro* study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;131(3):301.e9-15.
- [16] Çörekçi B, Irgin C, Malkoç S, Öztürk B. Effects of staining solutions on the discoloration of orthodontic adhesives: An *in-vitro* study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010;138(6):741-6.

- [17] Eliades T, Kakaboura A, Eliades G, Bradley TG. Comparison of enamel colour changes associated with orthodontic bonding using two different adhesives. *Eur J Orthod.* 2001;23(1):85-90.
- [18] Eliades T, Gioka Ch, Heim M, Eliades G, Makou M. Color stability of orthodontic adhesive resins. *Angle Orthod.* 2004;74(3):391-3.
- [19] Traklyali G, Özdemir FI, Arun T. Enamel colour changes at debonding and after finishing procedures using five different adhesives. *Eur J Orthod.* 2009;31(4):397-401.
- [20] Kim SP, Hwang IN, Cho JH, Hwang HS. Tooth color changes associated with the bracket bonding and debonding. *Korean J Orthod.* 2006;36:114-24.
- [21] Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res.* 1989;68(5):819-22.
- [22] Karamouzou A, Athanasiou A, Papadopoulos M, Kolokithas G. Tooth-color assessment after orthodontic treatment: a prospective clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(5):537.e1-8
- [23] Al Maaitah EF, Abu Omar AA, Al-Khateeb SA. Effect of fixed orthodontic appliances bonded with different etching techniques on tooth color: a prospective clinical study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(1):43-9.
- [24] Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res.* 2002;81(8):578-82.
- [25] Joo HJ, Lee YK, Lee DY, Kim YJ, Lim YK. Influence of orthodontic adhesives and clean-up procedures on the stain susceptibility of enamel after debonding. *Angle Orthod.* 2011;81(2):334-40.
- [26] Colourimetry. Official recommendations of the Commission Internationale de l'Eclairage. Paris: Commission Internationale de l'Eclairage; 1978. Suppl 21:15-30.
- [27] Stober T, Gilde H, Lenz P. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. *Dent Mater.* 2001;17(1):87-94.
- [28] Özer T, Başaran G, Kama JD. Surface roughness of the restored enamel after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(3):368-74.
- [29] Fujita M, Kawakami S, Noda M, Sano H. Color change of newly developed esthetic restorative material immersed in food-simulating solutions. *Dent Mater J.* 2006;25(2):352-9.
- [30] Azer SS, Hague AL, Johnston WM. Effect of pH on tooth discoloration from food colorant *in vitro*. *J Dent.* 2010;38 Suppl 2:e106-9.
- [31] Dinçer B, Hazar S, Sen BH. Scanning electron microscope study of the effects of soft drinks on etched and sealed enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122(2):135-41.
- [32] Wriedt S, Schepke U, Wehrbein H. The discoloring effects of food on the color stability of esthetic brackets: an *in-vitro* study. *J Orofac Orthop.* 2007;68(4):308-20.
- [33] Arévalo Pineda M, Larrucea Verdugo C. Recidiva del color dentario por té, café y vino. *In vitro. Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral.* 2012;5(2):57-65.