



**SÍNTESIS ELECTROQUÍMICA DE PERBORATO DE SODIO PARA
ACLARAMIENTO DENTAL**

Paredes Andreina¹, Ortiz Reinaldo², Velazco Gladys¹, Weinhold Elkis²

- 1. Cátedra de Materiales Dentales. Departamento de Odontología Restauradora.
Facultad de Odontología, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.**
- 2. Laboratorio de Electroquímica. Facultad de Ciencias, Universidad de Los
Andes. Mérida, Venezuela.**

CORRESPONDENCIA: Universidad de Los Andes, Facultad de Odontología. Edif
Rectorado ULA Calle 24 entre Av 2 y 3. Telefonos: 0274-2402416 / 0274-2412486.
EMAIL: andrepar90gmail.com



RESUMEN

Se sintetizó electroquímicamente una solución para blanqueamiento dental. En la síntesis de la solución se practicó una electrolisis galvanostática, empleándose una celda de dos compartimientos separados por una membrana de Nafion, una malla de Platino como electrodo de trabajo y un anillo de acero Inoxidable como contra electrodo, la solución electrolítica estuvo compuesta una mezcla de carbonato de sodio/bicarbonato de sodio 130g/L / 25g/L respectivamente y Borax 40g/L. La solución se electrolizó durante 6 horas a 60 mA, fue titulada con KMnO_4 0,1N. La electrólisis permitió obtener una solución de perborato de sodio con una concentración de 9,7% P/V. Para comprobar la eficacia blanqueadora de la solución se emplearon 30 dientes extraídos pigmentados en café. Para verificar la inocuidad de la solución sobre la superficie dentaria las muestras fueron observadas mediante microscopía de luz. Los resultados fueron observados mediante registros de frecuencia y fotografías, notándose diferencias significativas en el color de los dientes antes y después del blanqueamiento. Se concluyó que la solución obtenida fue eficaz para el blanqueamiento dental e inocuo para la superficie adamantina.

PALABRAS CLAVES: Perborato de sodio, electrólisis, electroquímica, blanqueamiento dental.



ELECTROCHEMICAL SYNTHESIS OF SODIUM PERBORATE FOR TOOTH WHITENING

ABSTRACT

A tooth whitening solution was electrochemically synthesized performed using a galvanostatic electrolysis. A cell of two compartments separated by a Nafion membrane was employed; Platinum mesh was used as working electrode and a stainless steel ring as a counter-electrode, the electrolytic solution was composed by a mixture of sodium carbonate / sodium bicarbonate 130g / L / 25g / L respectively and sodium borate (borax) 40g / L. The solution was electrolyzed for 6 hours applying a constant current of 60 mA and then titrated with 0.1N KMnO₄. The electrolysis allowed obtaining a solution of sodium perborate with a concentration of 9.7% P / V. To check the bleaching efficiency of the solution, 30 extracted teeth pigmented in coffee were used. To verify the innocuousness of the solution on the tooth surface, the samples were observed by optical microscopy. The results were observed through frequency registers and photographs, significant differences in the color of the teeth before and after whitening were observed. It was concluded that the solution obtained was effective for tooth whitening and harmless for the adamantine surface.

KEYWORDS: Sodium perborate, electrolysis, electrochemistry, teeth whitening.



INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, la demanda de individuos que buscan sonrisas que sean estéticamente agradables, ha motivado a la búsqueda y desarrollo de técnicas y procedimientos que tengan como propósito mejorar el aspecto de los dientes, incluyendo su color (1). La percepción óptica del color del diente está determinada por el grosor, la composición y estructura de los elementos que lo constituyen, como son el esmalte, la dentina y la pulpa. Estos elementos evolucionan a lo largo de la vida, influyendo en el color dental, presentando propiedades ópticas distintas (2).

A fines del siglo XIX, datos concretos hablan del uso de peróxido de hidrógeno, del ácido oxálico como blanqueador dental, también la mezcla de peróxido de hidrógeno y éter activándose con corrientes eléctricas, entre otras. Hoy en

día existen numerosas presentaciones comerciales de agentes blanqueadores como peróxido de hidrógeno, peróxido de carbamida y perborato de sodio en diversas concentraciones, sin embargo, es el peróxido de hidrógeno quien inicia el proceso de degradación de las moléculas orgánicas y complejas de alto peso molecular, que reflejan una longitud de onda específica causante del color de la mancha en el diente. En tal sentido, el perborato de sodio se descompone una vez en contacto con agua en: agua, metaborato de sodio y peróxido de hidrógeno, siendo este último el compuesto activo (3).

Desde la antigüedad, el perborato de sodio ha sido ampliamente utilizado como un compuesto blanqueador en diferentes áreas y actividades, obteniéndose por métodos químicos, haciendo reaccionar



peróxido de hidrógeno con tetraboratosódico (4). La literatura reporta una serie métodos para sintetizar perborato de sodio, entre ellos se destaca el método electrolítico, sin embargo existen condiciones operativas en los procedimientos reportados como la agregación de hidróxido de sodio y varias sales a la solución madre, que conlleva a un proceso de purificación costoso originando pérdida sustancial del rendimiento del perborato; así como también, la adición del bórax en forma sólida el cual contiene impurezas, lo que constituye la causa principal de contaminación en el electrolito(5). La

industria se inclina más hacia el método químico para producir perborato de sodio, la simplicidad en la técnica de obtención de dicho compuesto a permitido su uso en plantas o laboratorios de pequeña escala (6).

El procedimiento electrolítico reportado (4) para la obtención del perborato de sodio, se basa fundamentalmente en la electrólisis de una solución contentiva de una mezcla de carbonato y bicarbonato de sodio, en presencia de bórax; el mecanismo de reacción aceptado comprende las siguientes etapas(4):

Etapas de electrolisis (oxidación anódica):



Etapas de hidrólisis:



Etapas de oxidación química



Además de otra serie de reacciones que tienden a disminuir la eficiencia de la reacción:



Por tal razón una solución electrolizada de esta mezcla, tendrá, dependiendo de la composición porcentual de sus componentes iniciales, una mezcla de carbonato, bicarbonato, bórax, iones perborato y peróxido de hidrógeno.

El objetivo de este trabajo fue elaborar una solución blanqueadora de perborato, para ser utilizado en odontología como aclarador dental, sirviendo de alternativa en nuestro país para cubrir la demanda de agentes aclaradores dentales, así como

bajar costos en la producción y aplicación del mismo.

MATERIALES Y METODOS:

a.- Obtención de la solución blanqueadora.

Se empleó una celda de dos compartimientos con un volumen de 700mL cada uno, los cuales fueron separados mediante una membrana de Nafión. El lavado de la celda se realizó con agua y jabón, luego en agua destilada, y finalmente fue curada con agua



desionizada $18M\Omega$ x cm de resistividad. Se utilizaron dos electrodos, el electrodo de trabajo, conformado por una malla de Pt en forma de cilindro, el contraelectrodo fué un anillo plano de acero inoxidable tipo 304. Se preparó una solución de electrolitos soporte de Carbonato de Sodio/Bicarbonato de Sodio ($CO_3^{=3}$ / HCO_3^-) 130g/L y 25g/L. A partir de esta se preparó la solución con la sustancia de trabajo Bórax 40g/L. En un compartimiento de la celda se colocó la solución con el electrolito soporte y el contraelectrodo, y en el otro compartimiento la solución con el

electrolito soporte y la sustancia de trabajo. La electrólisis se llevó a cabo en un Potenciostato/Galvanostato EG&G Princeton Applied Research Mod. 273A, empleando una corriente continua de 60mA durante 6 horas (21600s), con agitación en el compartimiento del electrolito de trabajo (Fig 1). Se monitorearon los diferentes potenciales obtenidos, verificando que no se produjera un sobrepotencial. Finalmente, para comprobar la obtención de perborato de sodio y el poder oxidante de solución sintetizada, se realizó una titulación con Permanganato de Potasio ($KMnO_4$) 0,1N.



Figura 1. Celda electroquímica con sistema de agitación conectada al equipo.

b.- Eficiencia de la solución blanqueadora.

Se utilizaron 30 dientes premolares naturales extraídos sanos para el experimento. El primer procedimiento fue el registro de color después de extraídos los especímenes (pre blanqueamiento), utilizando el medio visual, comparando el color de los dientes con una guía de colores Vita Classical. Posterior al primer

registro de color en los dientes naturales extraídos, los mismos fueron sometidos a un sistema de pigmentación con café para disminuir el valor del diente, y obtener un registro comparativo de los valores iniciales y post pigmentación. Seguidamente, se realizó la primera aplicación de la solución blanqueadora bajo el siguiente protocolo: los dientes se introdujeron en un recipiente de vidrio,

un diente por envase, sujetos a las paredes con cera odontológica de utilidad o pegajosa, dejando la porción coronal del diente en dirección hacia el piso del recipiente, colocándose la solución blanqueadora hasta cubrir la corona dental (Fig 2). Los especímenes en los recipientes fueron sometidos durante 40 minutos a una estufa de calor seco a 60°C, para simular la temperatura de las

lámparas aceleradoras de agente blanqueadores dentales utilizados en consultorios odontológicos. El registro de color post blanqueamiento se realizó inmediatamente después de transcurrido el tiempo en la estufa de calor seco. Este procedimiento se realizó dos veces con intervalos de dos días para alcanzar mayor aclaramiento de las piezas dentales.



Figura 2. Dientes en sistema el de blanqueamiento.

Se utilizó un grupo de 15 dientes para la aplicación de la solución blanqueadora la cual tenía un pH de 10,28. Al grupo de 15 dientes restantes se les aplicó la solución

blanqueadora con un pH de 6,14; para bajar dicho pH se utilizó ácido fosfórico al 50%, incorporándose gota a gota hasta lograr el pH mencionado. La



modificación del pH de la solución hasta un valor más ácido, se realizó con la finalidad de aumentar el poder oxidante de perborato. El valor del pH fue escogido para que la acidez del medio, no alterara la estructura del diente.

c.- Evaluación con Microscopia óptica.

La observación de los dientes naturales extraídos se realizó con una magnificación de 20x y 40x para determinar la inocuidad de la solución blanqueadora sintetizada, sobre las estructuras dentales utilizándose un Microscopio de Luz Nikon DIAPHOT 300. Los especímenes se posicionaron para reflejar una cara proximal, ya que son más planas y así obtener mejor amplificación del sustrato y mayor nitidez en la imagen. La primera observación se realizó antes de someter a los especímenes a la solución blanqueadora, utilizando la misma posición para reflejar las dos magnificaciones. Posteriormente, la segunda observación se realizó después

de las dos aplicaciones de la solución blanqueadora sobre los dientes.

RESULTADOS.

Para determinar el valor de la intensidad de corriente que se aplicaría en el experimento, se procedió a realizar electrólisis a distintas corrientes aplicadas durante 10s. Se observó que cuando se impulsan 60mA en 10 s, el sistema alcanza un potencial cercano a los 3,25 V, por lo que se determina trabajar a esa intensidad de corriente, ya que no se generaban sobrepotenciales mayores a la capacidad del equipo utilizado.

Posterior a la determinación de la intensidad de corriente de trabajo, se realizaron dos electrólisis, durante 1800s y 21600s. En la siguiente figura (Fig 3) se observan muestras de los resultados de la electrólisis, desde los 100s aproximadamente, se aprecia que a medida que transcurre el tiempo el potencial aumenta gradualmente, lo que

es indicativo que se está llevando a cabo la reacción redox en el sistema electroquímico, notándose la variación del potencial debido a la disminución de la concentración de la especie electroactiva en la superficie electródica, y así mantener el equilibrio que involucra la ecuación de Nernst. Con la electrólisis a corriente constante podemos obtener la

síntesis del perborato de sodio ya que se cumple la reacción del percarbonato con agua, produciéndose peróxido de hidrógeno, especie que reacciona directamente con el bórax de la solución para transformarse en perborato de sodio, asimismo se evidencian otras reacciones propias del proceso electrolítico (Ec. 1 a Ec 5).

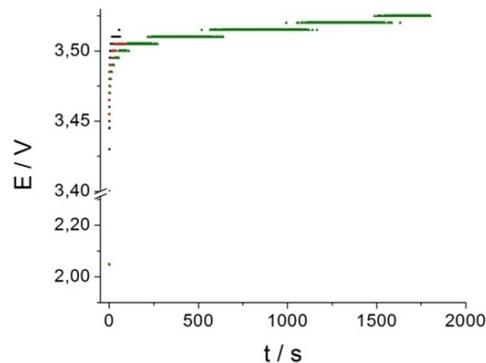


Figura 3. Respuesta de la potencial a los tiempos de electrólisis galvanostática.

$$I = 60\text{mA}, t = 1800\text{s}$$



Luego de alcanzar los 1800s con un potencial cercano a 3,50V se procedió a realizar una titulación con el fin de analizar cualitativamente la presencia de perborato en la solución sintetizada; este procedimiento se realizó tomándose una muestra de la solución de trabajo, a la que se le agregó una gota de KMnO_4 0,1N acidulado, para verificar la oxidación del mismo, se observó la desaparición del color rosado, propio del agente titulador, lo que indica que la muestra contiene la especie en estudio.

a.- Eficiencia de la solución blanqueadora.

Se realizó el registro del color inicial de cada uno de los 30 premolares antes de sumergirlos en el sistema de pigmentación, con la finalidad de observar los cambios de tono y saturación de cada espécimen. Se evidenció que la frecuencia mayor en cuanto a tono y saturación de los dientes, se encontraba en A3 (26.67%), B2 (20%) y A2

(16,67%); aspecto que difiere con el estudio *in vitro* realizado por Kazue (2006)(7) en donde se determinó que el 30% de los premolares recién extraídos se encontraban en A1. Igualmente, Martins y cols. (2008)(8) reportan que los dientes sometidos a evaluación en su estudio se encontraban en A1 al compararse con la guía VITA *Classical*. Luego de determinar el color inicial de la muestra estudiada se realizó la pigmentación con café durante 60 días; para posteriormente hacer el registro del color. Se registró el tono y la saturación de cada diente, evidenciándose una frecuencia mayor en el B2 (30%), B3 (516.67%) y A3.5 (13,33%) el resto de los dientes se ubicaban en las guías B1, B4, C4, C3 y C2, lo que indica que hubo un cambio en el tono y un aumento en la saturación. Este resultado es comparable con el presentado por Cortes y cols. en 2013(9), quienes evaluaron la influencia de las manchas de café y vino tinto durante y

después del blanqueamiento, concluyendo que ambas sustancias causan pigmentaciones en el esmalte dental. Igualmente, Bernal y cols.(2009)(10) coinciden que la coloración de los dientes y resinas compuestas pueden verse afectadas en fumadores, alcohólicos, individuos con higiene bucal deficiente, en los que tienen alta actividad de caries y aquellos consumidores de café o

alimentos que contengan muchos colorantes.

Posterior al registro de color inicial y post pigmentación, los 30 premolares fueron sometidos a la solución blanqueadora. Un grupo de 15 dientes fueron sometidos en la solución con pH 10,28; evidenciándose cambios en el tono y saturación de los especímenes (Fig 4).

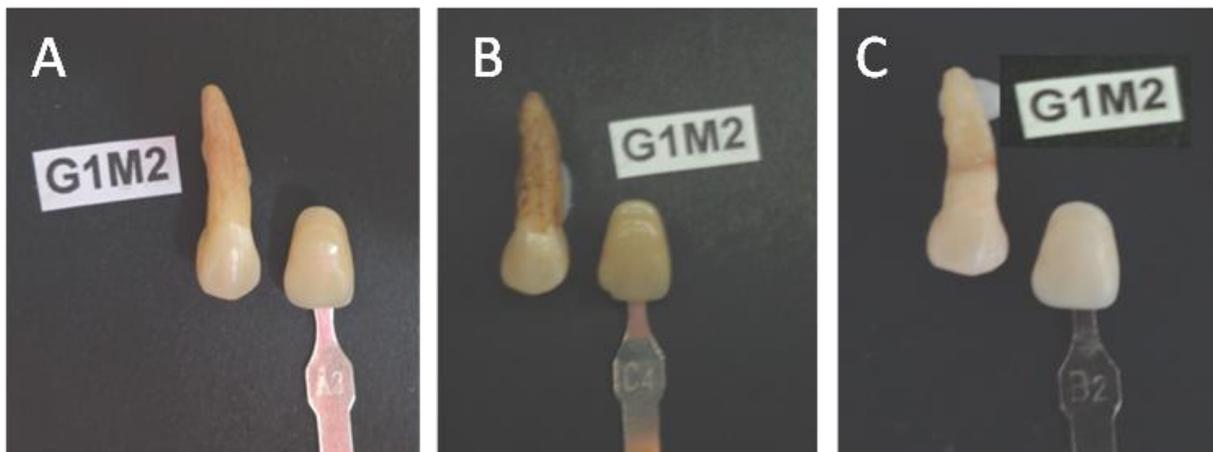
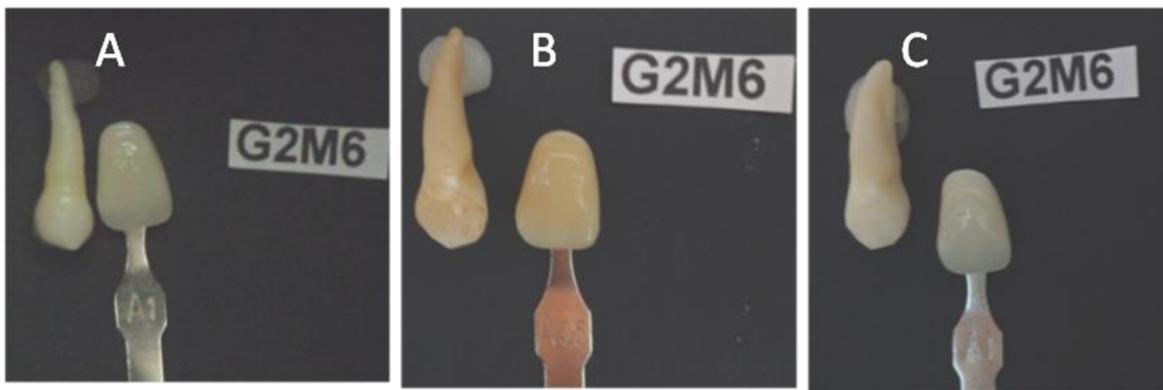


Fig 4. Aplicación de la solución blanqueadora pH 10,28. Inicial (a), Post pigmentación (b), Blanqueamiento (c)

Después de realizar las sesiones de blanqueamiento, con la solución a pH 10,28 se encontró que la mayoría de las muestras de este primer grupo de premolares cambiaron su tono y saturación en comparación con el color obtenido luego de la pigmentación. A pesar de que se obtuvieron resultados positivos, 2 premolares no presentaron cambios en el procedimiento de aclarado,

observándose que la mayor frecuencia se alcanzó en la guía B2.

Ahora bien, el segundo grupo con los 15 premolares restantes se sometieron bajo las mismas condiciones al blanqueamiento, pero cambiando el pH de la solución sintetizada a 6,14; en un ambiente más ácido se obtuvieron resultados más significativos en cuanto al cambio de tono y saturación de los especímenes (Fig 5).



**Figura 5. Aplicación de la solución blanqueadora pH 6,14. Inicial (a), Post pigmentación (b),
Blanqueamiento (c)**

Bajo la aplicación de una solución más ácida, los resultados obtenidos fueron positivos para todos los dientes que componen el segundo grupo, se observó que la mayor frecuencia se alcanzó en la guía B1.

b.- Evaluación con Microscopia óptica.

En la figura 6 se observa la superficie dentaria antes de ser sometida a la solución blanqueadora, se aprecian múltiples imágenes con aspecto de escamas, distribuidos uniformemente, que pueden atribuirse a la estructura de la capa externa del esmalte dental sin ser tratada.

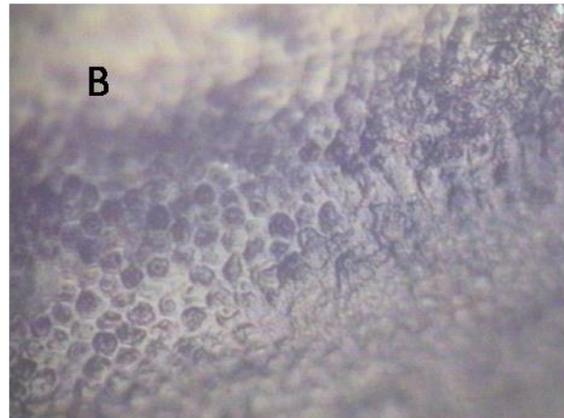
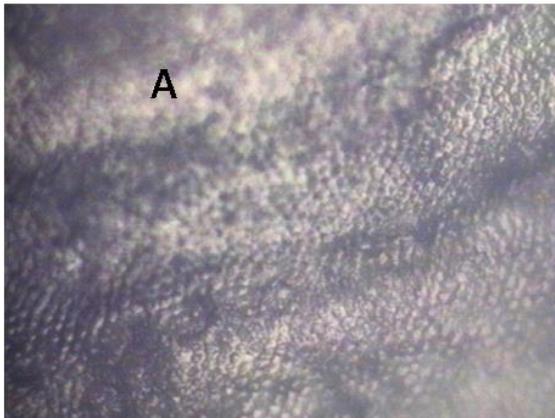


Figura 6. Microscopia óptica de la superficie dental sin tratamiento.a.- Magnificación 20X. b.- Magnificación 40X.

La figura Fig 7 muestra la superficie dentaria luego de ser sometida a las dos sesiones de blanqueamiento, se observa la superficie característica de la estructura adamantina sin alteraciones, tal como se

presenta en la imagen del diente sin haber recibido el tratamiento con la solución blanqueadora (fig. 6), lo que infiere respecto a la inocuidad de la solución sobre el esmalte dental.

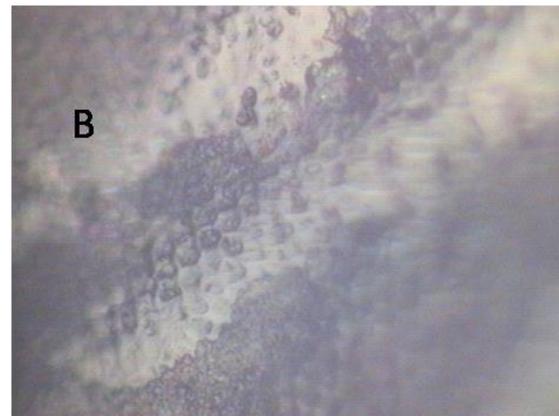
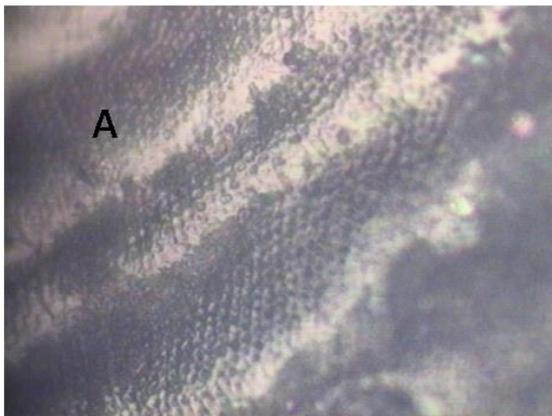


Figura 7. Microscopia óptica de la superficie dental tratada con perborato de sodio.

a.-Magnificación a 20X. b.- Magnificación 40X.



Estos resultados son comparables con los de Maleknejad y cols (2012)(11), en su estudio in vitro para evaluar los cambios ultra estructurales de la dentina después de colocar diferentes agentes blanqueadores intracoronalmente, en el cual se encontraron diferencias significativas entre el diámetro de los túbulos dentinarios de todos los grupos de ensayo posterior al blanqueamiento, con excepción de los especímenes que se trataron con perborato de sodio. Por consiguiente, se puede atribuir la propiedad de inocuidad al perborato de sodio tanto para la dentina como para el esmalte dentario.

CONCLUSION.

Se concluye que el perborato es un compuesto químico de fácil obtención y adquisición. La síntesis de una solución blanqueadora a partir del Bórax mediante una electrolisis, permitió obtener una solución de perborato de sodio con una

concentración de 9,7% P/V, considerándose un procedimiento sencillo y seguro.

El café es una sustancia que ocasiona pigmentaciones exógenas en la estructura dentaria, pudiéndose revertir con la aplicación de sustancias blanqueadoras. La solución de perborato de sodio obtenida a través de la electrolisis, y que fue aplicada sobre las superficies dentarias pigmentadas con café ocasionó un aclaramiento significativo en las muestras dentarias, mostrándose eficaz para dicho tratamiento. En tal sentido, se demostró que al disminuir el pH hasta 6,1 de la solución electrolizada, la eficacia blanqueadora sobre los dientes tratados se incrementó. Los elementos químicos que componen la solución blanqueadora de perborato obtenida de la electrolisis le confieren una propiedad de inocuidad sobre los tejidos dentarios, demostrables bajo la observación de la microscopía óptica.



BIBLIOGRAFÍA.

1. Santana J. Blanqueamiento Dental: estudio clínico para el desarrollo de métodos estadísticos e inteligentes para la predicción del cambio cromático. Tesis Doctoral. (2010). Granada-España.
2. Palomares M. Alteraciones en la rugosidad de la superficie dentinaria, después de la aplicación de dos agentes blanqueadores de alta concentración. Tesis Docotoral. (2015). Valencia-España.
3. Bertone M, Zaiden S. Blanqueamiento dentario. Aplicaciones clínicas. Revista de la Facultad de Odontología (UBA) Argentina (2008) 23: 54/55
4. Raghavendran N, Narasimham K. Electrolytic preparation of sodium perborate. B. Electrocnem. India (1988) 4(3) pp 263-266.
5. Mollard P. Process of making sodium perborate by electrolysis. United States Patent Office.(1962). 3.038.842.
6. Mohan M, Raghavendran N, Narasimham K. Preparation of Sodium Perborate by Electrochemical Method. Trans SAEST. (EEUU).(2000). 35: 3 / 4.
7. Corciolani G, Vichi A, Goracci C, Ferrari M. Colour correspondence of a ceramic system in two different shade guides. J Dent. (2009). 37:2. Pp 98-101
8. Kazue k. Avaliação “in vitro” da efetividade de associações de agentes clareadores na alteração da cor de dentes manchados por pigmentos sanguíneos. Tesis de Doctorado. Faculdade de Odontología de São José Dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2006.
9. Martins M, Lemos S, Roberti L, Panzeri F. Efetividade inicial e após 15 dias de clareamento exógeno variando-se a técnica e os agentes clareadores. Revista



da Faculdade de Odontología,
Universidade de Passo Fundo. (2008).
13:2. pp 51-55.

10. Cortes G, Pini NP, Lima DA,
Liporoni PC, Munin E, Ambrosano GM.
Influence of coffee and red wine on tooth

color during and after bleaching.
ActaOdontol Scand. (2013). 71:6.

11. Ari H, Üngör M. In vitro
comparison of different types of sodium
perborate used for intracoronal bleaching
of discoloured teeth. IntEndod J.2002:
35(5):433-6.