

Berrios et al. 2010. Efecto de electrolitos en la limpieza del barrillo dentinario. *MedULA* 19: 102-110.

Salager JL. 1998b. Cuaderno FIRP S610A. Doble Capa Eléctrica Interfacial. Universidad de los Andes. Escuela de Ingeniería Química. Mérida, Venezuela. En:

<http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S610A.pdf>. Leído el 29 de Agosto de 2009.

Salager J. 2007. Cuaderno FIRP S614-A. Teorías relativas a la estabilidad de coloides liofóbicos (DLVO y Von Smoluchovski). En: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S614A.pdf>. Leída: 29 de agosto de 2009.

Smith DC. 1996. Adhesives and sealants. En: Ratner BD, Hoffman AS, Shoen FJ et al. Eds. *Biomaterials*

Science. An introduction to materials in medicine. Academic Press. San Diego, California. Pp: 319-328.

Tani Y y Togaya T. 1995. Dentin surface treatment without acids. *Dental Materials Journal*. 14: 58-69.

Van Landuyta KL, Snauwaertb J, De Muncka J et al. 2007. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*. 28: 3757-3785.

Whitten KW, Gailey KD, Davis RE. 1992. *Química General*. 3ª ed. McGraw-Hill. Madrid.

Recibido: 7 marzo 2010. Aceptado: 15 junio 2010.

EFFECTO DEL pH DEL MEDIO SOBRE LA LIMPIEZA DEL BARRILLO DENTINARIO.

Marlyn Berrios¹, Mariel López², Alirio Balza³, Katania Felisola⁴, Juan Carlos López^{4,5}.

¹Departamento de Odontología Restauradora, Facultad de Odontología. ²Estudiante de pregrado de la Escuela de Ingeniería Química. ³Centro de Microscopía Electrónica "Ernesto Palacios Pru". ⁴Departamento de Ciencias Aplicadas y Humanísticas, Escuela Básica, Facultad de Ingeniería. ⁵Laboratorio de Química Experimental Aplicada (QUEXA), Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Resumen

Una alta concentración de iones hidronios en el medio puede activar la doble capa eléctrica en la superficie de la dentina y facilitar la limpieza del barrillo dentinario. Con la finalidad de evaluar el efecto de la carga, la concentración de Na^+ , Ba^{2+} y Fe^{3+} , la concentración de ácido clorhídrico, el pH y las interacciones entre estos factores sobre la remoción del barrillo dentinario, se llevó a cabo una investigación experimental, de corte transversal, utilizando un diseño experimental factorial 2^{4-1} . Cuatro factores a dos concentraciones se utilizan para obtener ocho tratamientos, cada uno de los cuales se aplica sobre la superficie de dos especímenes de dentina coronaria. Las superficies tratadas se observan a través de un microscopio electrónico de barrido. Las imágenes obtenidas se evalúan para establecer el grado de limpieza del barrillo dentinario. Los tratamientos con bajo pH (~2) permiten un grado de limpieza mucho mayor que los tratamientos con mayor pH (~4). Los resultados sugieren que la concentración de iones hidrónios en el medio es más importante que la carga y concentración de otros iones sobre la remoción del barrillo dentinario, en la que el fenómeno de la doble capa eléctrica juega un rol importante.

Palabras clave: pH, barrillo dentinario, limpieza de la dentina, microscopio electrónico de barrido, doble capa eléctrica.

Abstract

Effect of medium pH on cleaning the smear layer.

A high concentration of hydronium ions in the medium may activate the electrical double layer on the surface of dentin and facilitate cleaning of the smear layer. In order to evaluate the effect of the charge, Na^+ , Ba^{2+} y Fe^{3+} concentration, hydrochloric acid concentration, the medium pH and interactions between these factors on cleaning the smear layer, an experimental and transversal cut research was carried out using a 2^{4-1} factorial experimental design. Four factors at two levels were used for eight treatments, each of which was applied onto the surface of two specimens of coronal dentin. Treated surfaces were observed through a scanning electron microscope. The images were evaluated to establish the cleanliness of dentin smear layer. Low pH treatments (~2) allow a much greater degree of cleanliness than treatments with high pH (~4). The results suggest that hydronium ion concentration in the medium is more important that the charge and concentrations of others ions on cleaning the dentin smear layer, where the phenomenon of electrical double layer plays an important role.

Key words: pH, dentin smear layer, dentin cleaning, scanning electron microscope, electrical double layer.

INTRODUCCIÓN.

El mecanismo de unión entre los materiales y los tejidos dentales más utilizado, por los odontólogos en los últimos años, es la adhesión. Este fenómeno superficial hace posible la restauración de dientes,

que por una u otra causa perdieron su anatomía, conservando al máximo su estructura (Saldarriaga y Peláez 2003). El tratamiento ácido de la superficie del esmalte permite el aumento significativo de la adhesión de materiales acrílicos al diente (Buonocore, 1955). Éste hallazgo desencadenó la enorme demanda de materiales adhesivos en Odontología por sus múltiples aplicaciones. El tratamiento ácido de la dentina no se realizaba debido a la notable problemática que ello implicaba: el gran contenido orgánico, la presencia de procesos odontoblásticos dentro de los túbulos dentinarios y el flujo de fluidos hacia las paredes de la cavidad (Perdigão y Lopes 2001), así como el temor de producir daños al órgano dentino-pulpar. Dos décadas después, Fusayama (citado por Vaidyanathan y Vaidyanathan 2009) cambia esta asunción y hace ver que, el tratamiento ácido de la dentina es más ventajoso que peligroso. El tratamiento ácido de la dentina previo a la colocación del adhesivo se vuelve común en Japón (Perdigão y Lopes 2001) y más tarde en todas partes del mundo, éste se realiza con la finalidad de lograr una adhesión total de la restauración. En 1980, Bowen sugiere el tratamiento de la dentina con ácido y cloruro férrico debido a su efecto sinérgico que mejora significativamente la adhesión de los materiales al diente. Nakabayashi en 1982 (citado por Brajdić et al. 2008) patenta la solución grabadora 10-3 de tratamiento dentinario, compuesta por 10% de ácido cítrico y 3% de cloruro férrico con la idea de prevenir el colapso del colágeno y mejorar la adhesión de las resinas compuestas a la dentina. Los efectos de distintas soluciones ácidas, en diferentes tiempos de aplicación y a diferentes concentraciones, sobre la micromorfología de la dentina se estudian en diferentes investigaciones (Perdigão y Lopes 2001, Haznedaroğlu 2003, Brajdić et al. 2008, Reis et al. 2008, Berrios y López 2010). El ácido permite remover el barrillo dentinario producido por el corte, desgaste y/o instrumentación de los tejidos dentales, desobturar los túbulos dentinarios (Haznedaroğlu 2003, Berrios y López 2010), aumentar el diámetro de los mismos (Brajdić et al. 2008, Reis et al. 2008) y exponer entre 1 a 10 μm a las fibras colágenas que forman parte de la matriz de la dentina (Perdigão y Lopes 2001). Los tratamientos con bajo pH, entre 1 y 3, pueden remover el barrillo dentinario y abrir los túbulos dentinarios más efectivamente que los de

mayor pH (Haznedaroğlu 2003, Zandim et al. 2008). Estos efectos se deben a la desmineralización o solubilización de la matriz inorgánica de la dentina por parte del ácido (Paschalis et al. 1996). Pero adicional a la desmineralización, la activación de la doble capa eléctrica formada en la superficie de la dentina y las partículas del barrillo dentinario, parece ser el mecanismo de acción más importante en la remoción del barrillo dentinario por parte del ácido (Berrios et al. 2010). La doble capa eléctrica, fenómeno interfacial conocido desde hace muchos años, interviene en la deposición inicial de las bacterias a las superficies duras del diente (de Kerchove y Elimelech 2005) y puede explicar la unión existente entre las partículas de barrillo dentinario y la superficie de la dentina recién cortada (Berrios y López 2010). Los resultados de Berrios et al. (2010) sugieren que la carga y concentración de los electrolitos afecta el grado de limpieza del barrillo dentinario y que una alta concentración de iones hidronios en el medio, activa la doble capa eléctrica para hacer más efectiva la limpieza del barrillo dentinario. El presente trabajo pretende evaluar el efecto de la carga y concentración de Na^+ , Ba^{2+} y Fe^{3+} , la concentración de ácido clorhídrico, el pH y las interacciones entre estos factores sobre la remoción del barrillo dentinario.

METODOLOGÍA.

Se realizó una investigación de carácter experimental y de corte transversal, utilizando un diseño experimental 2^{4-1} . Dicho diseño comprende 16 experimentos (cuatro factores, dos niveles, ocho tratamientos y dos repeticiones). Los factores son la combinación de un ácido (HCl), factor A, con los electrolitos: FeCl_3 , NaCl y BaCl_2 , factores B, C y D, respectivamente. Los factores se desarrollan en dos niveles (dos concentraciones) según se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Niveles de los factores en estudio experimental factorial 2^{4-1} .

	A=HCl (N)	B= FeCl ₃ (N)	C=NaCl (N)	D=BaCl ₂ (N)
(+)	0.01	0.01	0.01	0.01
(-)	0.0001	0.001	0.001	0.001

El diseño experimental se presenta en la tabla 2 en la que se distinguen ocho tratamientos (soluciones), quedando el pH de éstos determinado por el HCl. Cada tratamiento se aplica en la superficie de dos especímenes de dentina (dos repeticiones por

tratamiento), para un total de 16 experimentos. Los tratamientos se preparan partiendo de soluciones de HCl, NaCl, BaCl₂ y FeCl₃al 0.1 N, HCl 0,01N y agua destilada combinando los volúmenes indicados en la tabla 3, los cuales se calculan para obtener 30 ml de solución a las concentraciones adecuadas.

Tabla 3. Volúmenes empleados para obtener los tratamientos correspondientes al diseño experimental factorial 2⁴⁻¹.

Trata- miento	A (µl)	B (µl)	C (µl)	D (µl)	H ₂ O (µl)	p H
1	300	300	300	300	28.8x	~
2	3000	300	300	3000	23.4x	~
3	300	3000	300	3000	23.4x	~
4	3000	3000	300	300	23.4x	~
5	300	300	3000	3000	23.4x	~
6	3000	300	3000	300	23.4x	~
7	300	3000	3000	300	23.4x	~
8	3000	3000	3000	3000	18.0x	~

Dieciséis especímenes se seleccionan al azar de un grupo de 24, los cuales se ordenan por sorteo aleatorio a los 16 experimentos. Los especímenes se obtienen a partir del corte de tres tercetos molares humanos no cariados, extraídos por indicación ortodóntica y conservados en suero fisiológico bajo refrigeración durante dos semanas. La corona de los molares se corta, con una fresa de carborundo cilíndrica 506 e instrumento rotatorio de alta velocidad con irrigación permanente de agua, en dirección paralela a la cara oclusal de los mismos y a una distancia de 4 a 5 mm desde la cúspide más prominente. La superficie de dentina expuesta se aproxima 1 a 2 mm de la pulpa y permite la obtención de una capa de barrillo dentinario similar en todos especímenes estudiados, similar al creado por Berrios et al. (2010). Los molares se seccionan varias veces, esta vez en dirección mesio-distal y vestibulo-lingual con un disco de diamante, de 0.3 mm de espesor, mediante instrumento de baja velocidad, con la finalidad de obtener más de ocho especímenes por diente con dimensiones aproximadas a los 4 mm² de área (donde se aplica el tratamiento) y 2 mm de longitud.

El tratamiento correspondiente se aplica sobre la superficie de la dentina de cada uno de los especímenes con un miniaplicador. Éste se deja actuar durante 15 segundos (tiempo sugerido por la práctica odontológica para realizar el tratamiento ácido) y luego se lava con un chorro del mismo tratamiento generado por una inyectora de 12 ml de capacidad. Posteriormente, la superficie de la dentina se seca con aire proveniente de la jeringa

agua-aire de la unidad odontológica durante 2 s y, finalmente, se lava con agua durante 30 s.

Tabla 2: Diseño experimental factorial 2⁴⁻¹.

Trata- miento	A	B	C	D
1	-	-	-	-
2	+	-	-	+
3	-	+	-	+
4	+	+	-	-
5	-	-	+	+
6	+	-	+	-
7	-	+	+	-
8	+	+	+	+

Los experimentos se prepararan y se montan en un porta muestra para observar la superficie de la dentina tratada a través de un microscopio electrónico de barrido (Hitachi S-2500). Se seleccionan, de manera arbitraria, cinco lugares de la superficie para su observación a 1300 X (figura 1), a partir de los cuales se toma una fotografía mediante una cámara digital (Sony DSC-W100) directamente de la pantalla del microscopio.

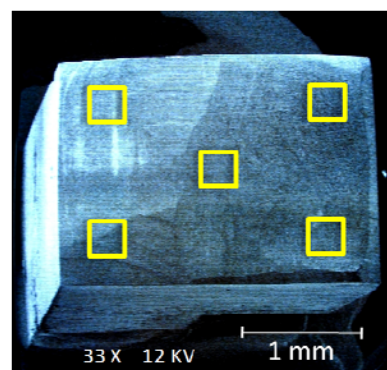


Fig. 1. Lugares seleccionados arbitrariamente para la observación de la superficie dentinaria tratada a mayor aumento (recuadros).

El grado de limpieza del barrillo dentinario es determinado por cuatro evaluadores calificados utilizando la escala propuesta por Berrios et al. (2010). Los evaluadores, desconociendo el tratamiento aplicado, valoraron un total de 80 fotografías, diez fotografías por tratamiento. Los datos se analizaron estadísticamente mediante la prueba t de Student y análisis de varianza con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

RESULTADOS.

El grado de limpieza del barrillo dentinario obtenido en la superficie de dentina como resultado de la aplicación de los diferentes tratamientos se presenta

en la figura 2. En la figura 3 se observan fotografías tomadas a través del microscopio electrónico de barrido que muestran la microanatomía de la superficie dentinaria a 1300 X representativas del grado de limpieza promedio. Los tratamientos que presentan HCl a una concentración de 0.01 N, pH aproximado de 2, exhiben un grado de limpieza mucho mayor que los tratamientos que presentan HCl a una concentración de 0.0001 N, pH aproximado de 4 ($p < 0.000$) (figura 2 y 3). Al comparar el grado de limpieza producido por los tratamientos T1, T3, T5 y T7 no se observan diferencias estadísticamente significativas, tampoco al comparar el grado de limpieza producido por los tratamientos T2, T4 y T6. El grado de limpieza producido por el tratamiento T8 (figura 2) es menor que el producido por los tratamientos T2, T4 y T6 ($p < 0.01$).

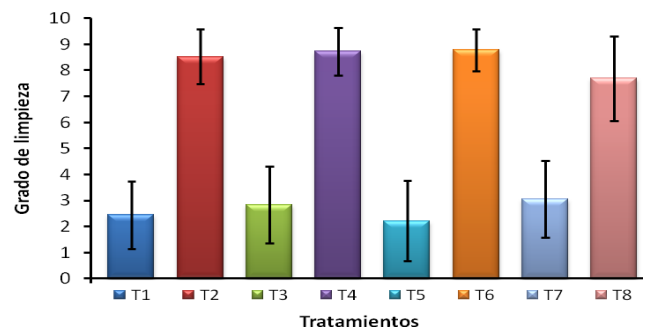


Fig. 2. Grado de limpieza del barrillo dentinario según tratamientos del diseño experimental.

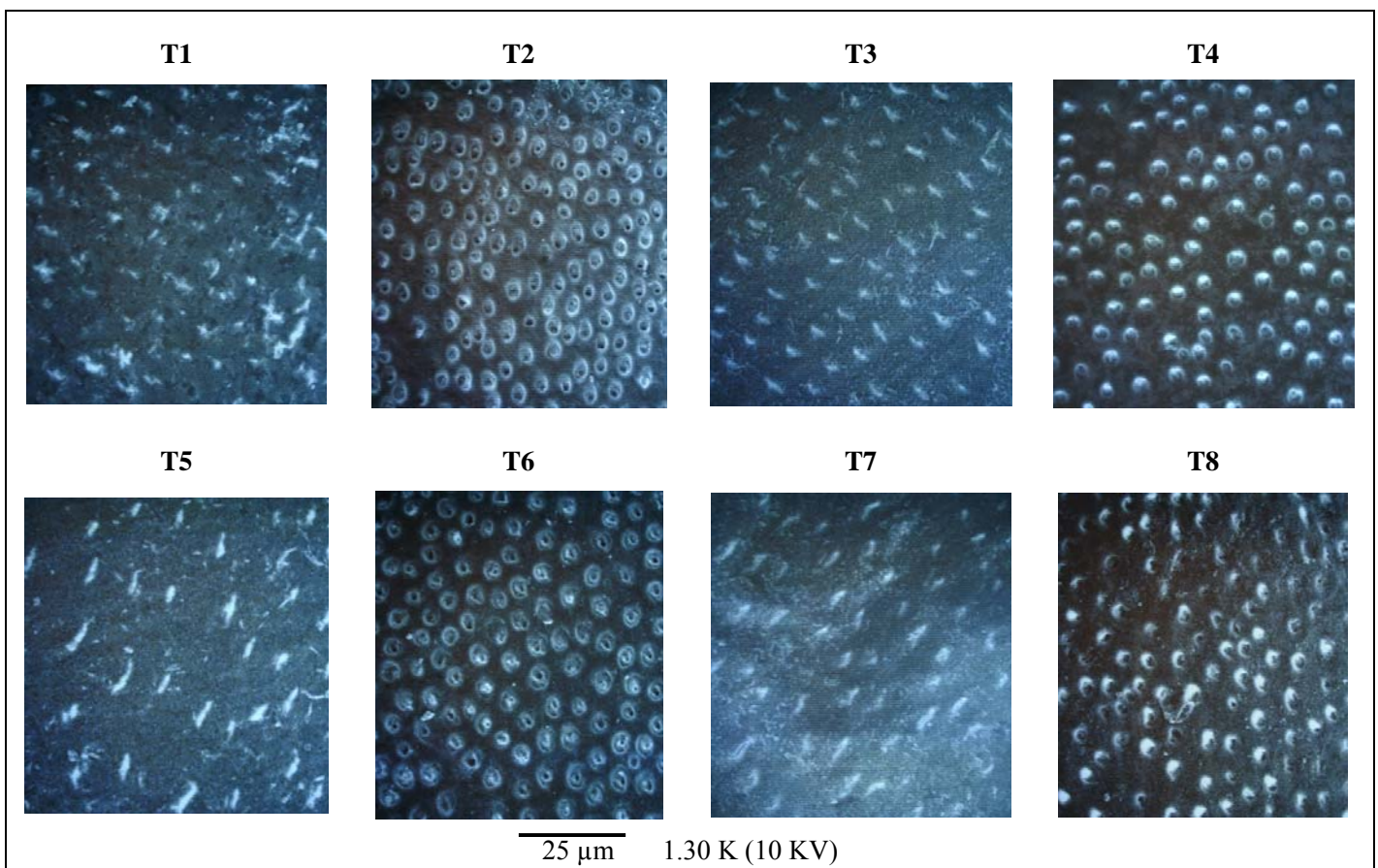


Fig. 3 Fotografías tomadas a través del microscopio electrónico de barrido, de la superficie de dentina bajo la acción de los diferentes tratamientos.

DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos indican que el pH del medio (concentración de los iones H_3O^+) es, entre los factores estudiados, el más importante sobre el grado de limpieza del barrillo dentinario. Los efectos del ácido actuando sobre la dentina durante un

determinado período de tiempo se relacionan con la solubilización de la matriz inorgánica en ella presente (Paschalis et al. 1996), el tiempo de acción del ácido es determinante sobre dicho efecto (Perdigão y Lopes 2001, Brajdić et al. 2008, Reis et al. 2008). En este caso, las partículas de barrillo dentinario pueden tornarse porosas y disolverse

parcialmente liberando iones de distinta naturaleza al medio acuoso (Paschalis et al. 1996).

El barrillo dentinario disuelto o no, termina removido por la acción mecánica que ejerce un chorro de agua (Berrios et al. 2010). Un pH 2, aproximadamente alcanzado cuando la concentración de HCl es de 0.01 N, crea las condiciones que inducen, cohiben e inhiben algunos fenómenos superficiales que permiten que un chorro de solución del tratamiento venza las fuerzas que mantienen adheridas las partículas de barrillo dentinario a la superficie de la dentina, por lo que dichas partículas son removidas fácilmente (T2, T4, T6 y T8 en la figura 3). Mientras que los fenómenos superficiales inducidos, cohibidos e inhibidos por las condiciones creadas al aplicar sobre la dentina tratamientos con un pH 4 aproximado (T1, T3, T5 y T7 con HCl a 0.0001 N), hacen que las fuerzas de atracción, entre las partículas de barrillo dentinario y la superficie de la dentina, sean superiores a las fuerzas repulsivas, por lo que un chorro de solución del tratamiento no remueve con facilidad estas partículas, originando un grado de limpieza mucho menor. Estos resultados concuerdan con los resultados del estudio realizado por Haznedaroğlu (2003), los cuales indican que las soluciones de ácido cítrico a bajas concentraciones (5, 10, 25%) con bajo pH (1.8 - 1.9) remueven el barrillo dentinario y abren los túbulos dentinarios más eficientemente que las soluciones de ácido cítrico a iguales concentraciones con un pH mayor (6.0). Haznedaroğlu (2003) no observó diferencias estadísticas en términos de la remoción del barrillo dentinario entre las soluciones de ácido cítrico a 5, 10 y 25%, lo cual sugiere que el pH es más importante que la concentración del ácido sobre la remoción de dicho barrillo. Los resultados del presente estudio podrían explicar los efectos producidos por algunas soluciones con bajo pH (< 3.5) aplicados tópicamente durante 15 s sobre la micromorfología de la dentina radicular (Zandim et al. 2008).

El tratamiento T8, entre los tratamientos con alta concentración de HCl, proporciona un menor grado de limpieza que los tratamientos con igual concentración de HCl (figura 2), probablemente debido a que el ácido fuerte inhibe la hidrólisis de los iones de Fe^{3+} y Ba^{+2} , originando un medio con gran cantidad de estos iones, lo cual puede tener un efecto negativo en la limpieza del barrillo dentinario debido a sus cargas eléctricas. Más aún, en T8 todos los electrolitos están a una concentración alta. Teniendo en cuenta que la doble capa eléctrica

puede ser el fenómeno predominante en la limpieza del barrillo dentinario, estas dos condiciones: la inhibición de la hidrólisis de los iones Fe^{3+} y Ba^{+2} y la alta concentración de los electrolitos, inducen la compresión de la doble capa eléctrica (Salager 1998) y, por lo tanto, una disminución del grado de limpieza.

Berrios et al. (2010) encontraron que el electrolito cloruro férrico, a una concentración 0.01 N sin la presencia de otros electrolitos en el tratamiento, presenta un grado de limpieza de 5.78. Los resultados de la presente investigación muestran que, la carga del electrolito y la concentración del mismo juegan un rol menos importante que el pH del medio, ya que, independientemente del electrolito y su concentración, el grado de limpieza está entre 2.22 y 3.05 para HCl a 0.0001 N (T1, T3, T5 y T7); incluso, para los tratamientos en los que el cloruro férrico se encuentra a una concentración 0.01 N (T3 y T7). Estos resultados podrían tener implicaciones clínicas importantes sobre la adhesión y/o cementación de materiales a la dentina relacionadas con la limpieza del barrillo dentinario.

CONCLUSIONES.

El pH del tratamiento aplicado sobre la superficie de dentina es el factor, entre los estudiados, más importante en la remoción del barrillo dentinario.

El fenómeno de la doble capa eléctrica juega un rol principal en la remoción del barrillo dentinario sobre la superficie de dentina.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores desean hacer público su agradecimiento por la ayuda prestada (personal y equipos) al Centro de Microscopía Electrónica "Ernesto Palacios Pru" y al Laboratorio de Mezclado, Separación y Síntesis Industrial; dependencias de la Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela.

REFERENCIAS.

- Berrios M, López JC. 2009. Caracterización de la dentina en sus diferentes etapas previas a la adhesión. Medula. 18: 103-110. En: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30687/1/articulo5.pdf>. Leído 11 de julio 2010.
- Berrios M, López M, Balza A et al. 2010. Efecto de electrolitos sobre el grado de limpieza del barrillo dentinario. Medula. 19: 18-26.

Berríos et al. 2010. Efecto dl pH en la limpieza del barrillo dentinario. *MedULA* 19: 110-115.

Brajdié D, Krznarié OM, Azinovié Z et al. 2008. Influence of different etching times on dentin surface morphology. *Coll. Antropol.* 32: 893-900.

Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A et al. 2008. Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dental Materials.* 24: 90-101.

Bowen RL. 1980. Adhesive Bonding of Various Materials to Hard Tooth Tissues. XXII. The Effects of a Cleanser, Mordant, and PolySAC on Adhesion Between a Composite Resin and Dentin. *Journal of Dental Research.* 59: 809-814.

Buonocore MG. 1955. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of Dental Research.* 34: 849-853. En:

<http://jdr.sagepub.com/cgi/reprint/34/6/849.pdf>.

Leído el 9 de julio de 2010.

Haznedaroğlu F. 2003. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 96: 340-4.

Kerchove AJ, Elimelech M. 2005. Relevance of Electrokinetic Theory for "Soft" Particles to Bacterial Cells: Implications for Bacterial Adhesion. *Langmuir.* 21: 6462-6472.

Leal D, Corrêa FO, Sampaio JE et al. 2004. The influence of vinegars on exposure of dentinal tubules: a SEM evaluation. Influência de vinagres na exposição dos túbulos dentinários: avaliação em MEV. *Braz Oral Res.* 18: 63-68.

Paschalis EP, Tan J, Nancollas GH. 1996. Constant Composition Dissolution Kinetics Studies of Human Dentin. *Journal of Dental Research.* 75: 1019-1026.

Perdigão J, Lopes M. 2001. The effect of etching time on dentin demineralization. *Quintessence International.* 32: 19-26.

Reis C, De-Deus G, Leal F et al. 2008. Strong effect on dentin after the use of high concentrations of citric acid: An assessment with co-site optical microscopy and ESEM. *Dental Materials.* 24: 1608-1615.

Salager JL. 1998. Cuaderno FIRP S610A. Doble Capa Eléctrica Interfacial. Universidad de los Andes. Escuela de Ingeniería Química. Mérida, Venezuela. En:

<http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S610A.pdf>. Leído el 29 de Agosto de 2009.

Saldarriaga O, Peláez A. 2005. Restauraciones adhesivas para el sector posterior. *Revista CES Odontología.* En: <http://www.ces.edu.co/Descargas/v16n261a82.pdf>. Leído 2 de Mayo de 2010.

Tani Y, Togaya T. 1995. Dentin surface treatment without acids. *Dental Materials Journal.* 14: 58-69.

Vaidyanathan TK, Vaidyanathan J. 2009. Recent Advances in the Theory and Mechanism of Adhesive Resin Bonding to Dentin: A Critical Review. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials.* 88B: 558-578.

Zandim DL, Corrêa FO, Rossa C et al. 2008. In vitro evaluation of the effect of natural orange juices on dentin morphology. *Braz Oral Res.* 22: 176-183.

Recibido: 20 julio 2010. Aceptado: 15 oct. 2010.

MedULA le invita a publicar en sus páginas, los resultados de sus investigaciones u otra información en ciencias de la salud.

Apartado 870. Mérida. Venezuela.

medula@ula.ve