

# ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS CEMENTOS TIPO MTA Y PORTLAND TIPO I<sup>1</sup>

## COMPARATIVE CHEMICAL ANALYSIS OF MTA AND PORTLAND I CEMENTS

<sup>2</sup> Jorge Forero.  
Javier Laureano Niño.  
Ana Carolina Olaya.  
Juliana Cárdenas.  
Andrés Fernando Guevara.  
Heidy Patricia González.

<sup>3</sup> Gloria Bautista.

<sup>4</sup> Martha C. Tamayo.

### Resumen

El propósito de este estudio es evaluar la composición química de tres cementos: Portland tipo I (CEMEX-Samper<sup>®</sup>, Cundinamarca, Colombia), Portland tipo I (CEMEX-Diamante<sup>®</sup>, Ibagué, Colombia) y ProRoot MTA<sup>®</sup> (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza).

Se utilizó una muestra probabilística de 17 pastillas para cada tipo de cemento. El análisis se llevó a cabo con la microsonda EDAX (Mahwah, NJ, USA) del microscopio de barrido electrónico SEM FEI (Quanta 200, Hillsboro, Oregon USA), bajo condiciones estandarizadas de lectura de las muestras.

### Abstract

The objective of this study is to evaluate the chemical composition of three cements: Portland Type I (CEMEX-Samper<sup>™</sup>, Cundinamarca, Colombia), Portland Type I (CEMEX-Diamante<sup>™</sup>, Ibague, Colombia) and Pro Root MTA<sup>™</sup> (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

A probabilistic sample of 17 tablets for each type of cement was used. The analysis was carried out with energy dispersive analysis with x-rays (EDAX) (Mahwah, NJ, USA) in the scanning electron microscope (SEM) FEI (Quanta 200, Hillsboro, Oregon, USA) under standard sample reading conditions.

Recibido el 25/08/2013

Aprobado el 06/11/2013

1. Artículo de investigación original
2. Odontólogos, especialistas en Endodoncia, Universidad El Bosque, Bogotá, D.C., Colombia
3. MSc en Microbiología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia. glorobame@gmail.com
4. Odontóloga, Pontificia Universidad Javeriana, especialista en Periodoncia, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C., Colombia tata.tamayo@gmail.com

Se hicieron cuatro lecturas por muestra, para un subtotal de 68 lecturas por cada tipo de cemento y un total de 208 lecturas. Los resultados se obtuvieron en porcentaje de peso sólido por elemento. Los datos generales fueron analizados por las pruebas ANOVA, comparaciones múltiples de Tukey y t de Student. Se observaron tres elementos comunes entre los tres cementos: Ca, Si y Al, pero se encontraron diferencias estadísticamente significativas de los elementos comunes entre el cemento ProRoot MTA® y los cementos Portland I. El Bi solo se encontró en el ProRoot MTA® y el S solo se encontró en los cementos Portland tipo I.

Se concluye que la composición de los tres cementos es similar. Sin embargo, es necesario evaluar el impacto que puede tener, tanto la presencia de S en los cementos Portland I, como la diferencia de concentraciones de los elementos que fueron comunes en los tres cementos en cuanto a biocompatibilidad y efectividad clínica.

**Palabras clave:** cemento Portland, cemento MTA, composición química.

Four readings per sample were carried out for a total of 68 readings per cement, and a grand total of 208 readings. The results were obtained as a percentage of solid weight per element. General data was analyzed with the ANOVA test, and Tukey and t of Student multiple comparison tests. Three common elements were observed between the three cements: Ca, Si, and Al, but there were significant statistical differences between the common elements of the ProRoot MTA™ and the Portland cements I. The Bi was found only in the ProRoot MTA™, and the S only in the Portland type I cements.

It can be concluded then that the composition of the three cements is similar; however, it is necessary to evaluate the impact that the presence of S in the Portland I cements as well as the difference in concentrations of the three common elements may have in the biocompatibility and clinical effectiveness.

**Keywords:** Portland cement, MTA cement, chemical composition

## INTRODUCCIÓN

Uno de los factores determinantes en el éxito del tratamiento endodóntico, es el cierre hermético del tercio apical con los diferentes materiales de obturación (1). Un material de obturación retrógrada ideal, debe sellar las vías de comunicación entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos circundantes (2), pero además, debe generar buena tolerancia en los tejidos perirradiculares y buena adhesión a la estructura dental, debe brindar estabilidad dimensional, ser resistente a la disolución, no debe ser afectado por la humedad, no se debe corroer ni ser electroquímicamente activo, y no debe pigmentar los dientes o las estructuras perirradiculares, ni ser tóxico. También, debe ser de fácil manipulación y radiopaco, promover la regeneración de tejidos, ser biocompatible y no carcinogénico ni genotóxico (2,3).

El MTA es un derivado del cemento Portland (4), desarrollado por Torabinejad, *et al.* (5), en 1993, con el propósito inicial de sellar perforaciones, llegando a emplearse posteriormente como material de obtura-

ción retrógrada (6). El MTA ha sido reconocido como un material bioactivo, conductor e inductor de tejido duro, y biocompatible. Presenta propiedades de regeneración de tejido duro en casos de recubrimiento pulpar, pulpotomía, tratamiento de perforaciones de furca y raíz, y apexogénesis, entre otros (2,7,8). Tiene un pH básico inicial de 10,2 que alcanza 12,5 a las tres horas después de su mezcla, lo cual le proporciona su gran impacto. (9).

En estudios sobre la composición química del MTA, se ha establecido que sus compuestos básicos son el óxido tricálcico, el silicato tricálcico, el aluminato tricálcico y el óxido de silicato; también contiene óxidos minerales en menor proporción, que determinan sus características físicas y químicas, al igual que óxido de bismuto, que le proporciona la característica de radiopacidad (5,9,10). El alto contenido de calcio y fósforo del MTA determina su gran biocompatibilidad, al inducir la cementogénesis con la formación de tejido conectivo fibroso y escasa inflamación; además, se

han reportado ventajas adicionales, como su capacidad antibacteriana y la facilidad de la remoción de excesos (9,11). Sin embargo, es un material de difícil manipulación y de largo tiempo de fraguado (6).

Debido a que el MTA está constituido principalmente por cemento Portland, se ha sugerido su sustitución por el cemento Portland común o de tipo I (12). Es por eso que se han llevado a cabo diversos estudios para determinar qué tan similar es la composición de estos dos cementos. Oliveira MG, *et al.*, concluyeron que el MTA y el cemento Portland tipo I presentan componentes y propiedades ultramicroscópicas similares, determinadas por el análisis de microscopía electrónica de barrido (*Scanning Electron Microscope*) con espectroscopía dispersiva de láser, diferenciándose por la presencia de óxido de bismuto únicamente en el MTA (13). En efecto, en algunos estudios se ha encontrado que, entre los principales componentes del cemento Portland tipo I, se encuentran silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminio tricálcico y ferroaluminato tetracálcico (14-17). Además, posee un pH inicial de 7 al momento de su preparación y logra llegar a un pH final de 12,9 tres horas después (15), pH similar al logrado por el MTA en el mismo tiempo, lo que en principio lo haría biocompatible (9).

Camilleri, en el 2008, evaluó la actividad química del Portland y otros dos tipos de cementos con una composición química similar a la del MTA, mediante análisis elemental usando energía dispersiva con rayos X en el microscopio electrónico de barrido y por análisis de difracción de rayos X (*X-ray diffraction analysis*), obteniendo como resultado que los tres cementos estaban compuestos de silicato tricálcico como constituyente principal, y el pH de todos los cementos evaluados fue alcalino (16).

Asgary, *et al.*, encontraron que los principales componentes del MTA y el cemento Portland son iguales, a excepción del bismuto; estos fueron estudiados y analizados por microscopía electrónica de barrido y análisis de energía dispersiva de rayos X, pero la diferencia más significativa que encontraron fue la alta concentración de Fe, tanto en el MTA gris como en el cemento Portland en comparación con el cemento MTA blanco (17). Un estudio similar fue reportado por Yun-Chan Hwang, *et al.*, quienes compararon la constitución química, las propiedades físicas y la biocompatibilidad del cemento Portland fabricado experimentalmente, el MTA y el cemento Portland, revelando que posee una composición similar a la del Portland y significativamente menor tiempo de fraguado, en comparación con el MTA y el Portland (18).

A pesar de que se han hecho varios estudios sobre el análisis de la composición química del MTA® y el Portland tipo I, no se han evaluado con respecto a los Portland I producidos en Colombia, cuya materia prima es sustraída de la cordillera Andina, por lo que su composición podría variar.

Por lo tanto, el propósito de este estudio es comparar la composición química del cemento ProRoot MTA® (Dentply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) y el cemento Portland tipo I de dos plantas de producción diferentes de la misma marca comercial, CEMEX-Samper® (Cundinamarca, Colombia) y CEMEX-Diamante® (Ibagué, Colombia), y determinar si existen diferencias entre los elementos constituyentes de los dos tipos de cemento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se utilizó una muestra probabilística de 17 pastillas por grupo, calculada con base en la desviación estándar del aluminio de 2,7 obtenida de un estudio piloto previo, con una significancia de 95 % y un poder de 80 %.

Cada pastilla tenía 6,7 mm de diámetro y 0,5 mm de alto; las pastillas de cemento Portland tipo I CEMEX-Samper® y CEMEX-Diamante®, tenían un peso de 0,0268 g, y las de cemento ProRoot MTA® (único lote de producción para Bogotá No. 03081235), de 0,0293 g. El proceso de formar las pastillas se hizo según los requisitos de lectura del microscopio. La diferencia en el peso de las pastillas se debió a las características de cada uno de los cementos, siendo el MTA menos denso que el Portland. En el estudio piloto se estandarizaron el peso y el volumen de las muestras mediante el proceso de formación de las pastillas, y se determinó la heterogeneidad entre los dos cementos Portland tipo I.

Para determinar la composición química por elemento, se utilizó un microscopio electrónico Quanta 200 FEI con microsonda EDX. Las condiciones de lectura para todas las muestras fueron: presión de vacío, 133 pascales; lectura sonda, 32; contraste, 81; tamaño de haz de electrones, 5,5; voltaje, 25 kV; 20 micrómetros de área observada; 5,8 voltios de corriente de filamentos y aumento de 7.540X; voltaje, entre 200 V y 30 kV; y modo de vacío alto (~ 5x10<sup>-5</sup> mbar). Los resultados se obtuvieron en porcentaje de peso y de número atómico. Las lecturas de cada elemento se calibraron mediante una curva de convolución, con una muestra patrón que corrige los errores de la intensidad de la muestra. El análisis descriptivo se basó en

el valor del promedio, la desviación estándar, el valor mínimo y el valor máximo.

Para el análisis estadístico por inferencias, se utilizaron la prueba ANOVA, la de Tukey para comparaciones múltiples y la *t* de Student.

## RESULTADOS

En los tres cementos evaluados, Portland tipo I (CEMEX-Samper®, CEMEX-Diamante®) y ProRoot MTA®, se encontró oxígeno, calcio, sílice y aluminio en diferente porcentaje de peso de sólido (tabla 1).

El elemento con mayor porcentaje en los tres cementos estudiados fue el calcio ( $46,9 \pm 0,6$  %) en Portland CEMEX-Samper®, seguido por Portland CEMEX-Diamante® y el ProRoot MTA® (tabla 1).

El elemento con menor porcentaje del peso sólido encontrado en los tres cementos estudiados, fue el aluminio ( $1,3146 \pm 0,0926$  %) en el cemento ProRoot MTA®, seguido por el CEMEX-Samper® y por el CEMEX-Diamante® (tabla 1).

Elementos		ProRoot MTA®	Portland CEMEX-Diamante®	Portland CEMEX-Samper®
Aluminio (Al)	Promedio	1,3146	1,8385	1,6926
	DS*	0,0926	0,3031	0,1594
Sílice (Si)	Promedio	10,601	5,474	6,477
	DS*	0,575	0,428	0,574
Calcio (Ca)	Promedio	43,704	46,777	46,932
	DS*	0,971	0,823	0,652
Azufre (S)	Promedio	NA	1,6528	2,087
	DS*	NA	0,2303	2,320
Bismuto (Bi)	Promedio	14,618	NA	NA
	DS*	1,946	NA	NA

\* DS: Desviación estándar

Tabla 1. Resultados descriptivos en porcentaje de elementos químicos para los tres tipos de cementos

El sílice tiene un porcentaje de peso sólido mucho mayor en el ProRoot MTA® ( $10,601 \pm 0,575$  %), en comparación con los dos tipos de cemento Portland tipo I estudiados.

Se encontró sílice solamente en los cementos Portland tipo I y bismuto, únicamente en el ProRoot MTA® (tabla 1).

Al comparar los elementos encontrados en común en los tres cementos con la prueba ANOVA, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,000$ ). El bismuto no se comparó debido a que únicamente se encontró en el ProRoot MTA® y el sílice sólo se encontró en los dos Portland tipo I, por lo que se comparó entre estos dos cementos con la prueba *t* de Student, sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre ellos (tabla 2).

Al practicar la prueba de Tukey para comparaciones múltiples, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre todos los elementos observados en los tres cementos evaluados, especialmente entre el ProRoot MTA® y los dos Portland tipo I (tablas 1 y 2), observándose que los porcentajes de oxígeno y calcio fueron mayores en el CEMEX-Samper®, mientras que el sílice presentó mayor porcentaje en el ProRoot MTA®. Al comparar los cementos Portland I entre sí, sólo se encontró diferencia estadísticamente significativa en el aluminio, con el mayor porcentaje en el CEMEX-Diamante® (tablas 1 y 2).

Grupos comparados	Elementos	Valor p
ProRoot MTA® Vs. Portland tipo I CEMEX-Diamante®	O	< 0,05*
	Al	< 0,05*
	Si	< 0,05*
	Ca	< 0,05*
ProRoot MTA® Vs. Portland tipo I CEMEX-Samper®	O	< 0,05*
	Al	< 0,05*
	Si	< 0,05*
Portland tipo I CEMEX-Samper® Vs CEMEX-Diamante®	Ca	< 0,05*
	O	> 0,05
	Al	< 0,05*
	Si	> 0,05
	S	> 0,05

\* Diferencia estadísticamente significativa

Tabla 2. Comparación de los tres cementos para cada elemento - Prueba de Tukey

## DISCUSIÓN

El MTA es un derivado del cemento Portland, con propiedades químicas similares, y desarrollado, entre otros usos, como material de retrobturación (4). En efecto, en varios estudios se ha comparado la composición química del MTA y del Portland tipo I, concluyéndose que los dos cementos tienen componentes en común (13,15-17), lo cual fue confirmado

por este estudio en el que se comparó la composición química de tres cementos: dos Portland tipo I (CEMEX-Samper®, CEMEX-Diamante®) y el ProRoot MTA®. Los resultados se reportan en porcentaje de peso de cada elemento, evaluados mediante la microsonda EDX, tal y como se ha reportado en estudios anteriores (19-21). A diferencia de otros estudios, como los de Funteas, *et al.* (22), Asgary, *et al.* (23), y Camilleri, *et al.* (21), en el presente estudio no se reportan los resultados en porcentaje de composición de óxidos, por lo que los porcentajes en cifras pueden ser diferentes.

No obstante, a pesar de esta limitación, tanto en el presente estudio como en otros (9,15,21,22,23), se encontró aluminio, sílice y calcio en los tres cementos estudiados; la diferencia estuvo en que en el presente se aplicaron pruebas estadísticas y se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la concentración de estos elementos entre los cementos evaluados.

Estrela, *et al.*, encontraron, además, trazas de otros elementos como magnesio, hierro, potasio y sodio, que fueron reportados a manera de compuestos de óxido en una concentración menor de 3 %. En el presente estudio, las concentraciones de estos elementos fueron también mucho menores de 3 %, pero se descartaron debido a que las lecturas presentaron errores de intensidad de la muestra que no pudieron ajustarse mediante la curva de convolución.

El elemento con mayor concentración en los tres cementos fue el calcio, aunque en menos porcentaje en el ProRoot MTA® que en los Portland I. Se ha observado que el calcio puede formar compuestos con otros elementos presentes, proporcionando la característica de biocompatibilidad a los cementos porque permite desarrollar un pH básico (9,20,21). El sílice fue el segundo elemento encontrado en mayor proporción en los tres cementos, con mayor concentración en el ProRoot MTA®; este elemento forma el silicato tricálcico ( $3\text{CaOSiO}_2$ ) al unirse con el calcio y el oxígeno, compuesto que le brinda al cemento su resistencia mecánica (21). El elemento con menor porcentaje en los cementos, según los resultados de este estudio, fue el aluminio, que le proporciona resistencia contra la corrosión (24). La importancia de cada elemento está determinada por el tipo de compuesto que forma, que mejora las propiedades físicas y mecánicas, al igual que la solubilidad y la resistencia (15).

Una de las diferencias que se encontraron en la composición química de los cementos Portland I y el MTA, fue la presencia de bismuto en el MTA y su ausencia en los Portland I, tal y como se ha reportado

en diferentes estudios (15,21,22,23); este elemento le proporciona al MTA la característica de radiopacidad (10,12,20,23,24). El sílice solo se presentó en los dos cementos Portland tipo I, pero no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al compararlos entre sí. Al respecto, Estrela, *et al.* (15), reportaron una proporción de 3 % de óxido de azufre en el Portland tipo I, siendo el único estudio en donde se menciona la presencia de este elemento en forma de compuesto. En el presente estudio, se obtuvo un porcentaje de peso sólido de sílice de 1,65 % en el CEMEX-Diamante®, y de 2,08 %, en el CEMEX-Samper®.

También se ha demostrado la efectividad del MTA y del Portland en otras aplicaciones clínicas: ayudan a preservar la vitalidad pulpar cuando se utilizan en pulpotomías, debido a la capacidad de adhesión celular que favorece la formación de tejido duro y blando (11). Además, Abdullah, *et al.* (4), reportaron que el cemento Portland no es tóxico y tiene potencial para promover la cicatrización ósea. Recientemente, se ha demostrado la actividad antimicrobiana de estos cementos ante *Enterococcus faecalis*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans*, sin ninguna efectividad contra *Escherichia coli* (15,25).

El cemento Portland podría ser un material alternativo frente al MTA. Sin embargo, es necesario hacer estudios clínicos de citotoxicidad y analizar los posibles riesgos, para poder utilizarlo con seguridad en seres humanos, teniendo en cuenta que en el presente estudio se encontraron diferencias significativas en la proporción de cada elemento en común, entre el cemento MTA y los dos cementos Portland tipo I, y se encontró sílice solo en los cementos Portland I, aunque en un muy bajo porcentaje.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores no registran conflictos de interés en este artículo.

## REFERENCIAS

1. Buckley M, Spangberg LS. The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79:92-100.
2. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: A comprehensive literature review –Part I: Chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod.* 2010;36:16-27.

3. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: Effects of blood contamination. *J Endod.* 1994;20:159-63.
4. Abdullah D, Ford TR, Papaioannou S, Nicholson J, McDonald F. An evaluation of accelerated Portland cement as a restorative material. *Biomaterials.* 2002;23:4001-10.
5. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod.* 1993;19:591-5.
6. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 1999;25:197-205.
7. Ford TR, Torabinejad M, McKendry DJ, Hong CU, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79:756-63.
8. Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent Assoc.* 1996;127:1491-4.
9. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 1995;21:349-53.
10. Camilleri J. Evaluation of selected properties of mineral trioxide aggregate sealer cement. *J Endod.* 2009;35:1412-7.
11. Saidon J, He J, Zhu Q, Safavi K, Spangberg LS. Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;95:483-9.
12. Dreger LA, Felipe WT, Reyes-Carmona JF, Felipe GS, Bortoluzzi EA, Felipe MC. Mineral trioxide aggregate and Portland cement promote biomineralization in vivo. *J Endod.* 2012;38:324-9.
13. Oliveira MG, Xavier CB, Demarco FF, Pinheiro AL, Costa AT, Pozza DH. Comparative chemical study of MTA and Portland cements. *Braz Dent J.* 2007;18:3-7.
14. Shahi S, Yavari HR, Rahimi S, Eskandarinezhad M, Shakouei S, Unchi M. Comparison of the sealing ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement used as root-end filling materials. *J Oral Sci.* 2011;53:517-22.
15. Estrela C, Bammann LL, Estrela CR, Silva RS, Pecora JD. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. *Braz Dent J.* 2000;11:3-9.
16. Camilleri J. Characterization and chemical activity of Portland cement and two experimental cements with potential for use in dentistry. *Int Endod J.* 2008;41:791-9.
17. Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M, Ghodduji J, Kheirieh S, Brink F. Comparison of mineral trioxide aggregate's composition with Portland cements and a new endodontic cement. *J Endod.* 2009;35:243-50.
18. Hwang YC, Kim DH, Hwang IN, Song SJ, Park YJ, Koh JT, et al. Chemical constitution, physical properties, and biocompatibility of experimentally manufactured Portland cement. *J Endod.* 2011;37:58-62.
19. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. *J Endod.* 1995;21:489-92.
20. Camilleri J, Montesin FE, Papaioannou S, McDonald F, Pitt Ford TR. Biocompatibility of two commercial forms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2004;37:699-704.
21. Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Ford TR. The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent Mater.* 2005;21:297-303.
22. Funteas UR, Wallace JA, Fochtman EW. A comparative analysis of Mineral Trioxide Aggregate and Portland cement. *Aust Endod J.* 2003;29:43-4.
23. Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. A comparative study of white mineral trioxide aggregate and white Portland cements using X-ray microanalysis. *Aust Endod J.* 2004;30:89-92.
24. Guastaldi AC, Lacefield WR, Leinfelder KF, Mondelli J. Metallurgical evaluation of a copper-based alloy for dental castings. *Quintessence Int.* 1991;22:647-52.
25. Sipert CR, Hussne RP, Nishiyama CK, Torres SA. In vitro antimicrobial activity of Fill Canal, Sealapex, Mineral Trioxide Aggregate, Portland cement and EndoRez. *Int Endod J.* 2005;38:539-43.