

Estudio de la Solubilidad In Vitro de un Material de Reparación de Uso en Endodoncia a Base de MTA

In Vitro Solubility Study of a Repair Material based on MTA Used in Endodontics



Agustín Vergalito ¹



Oscar R. Pardini ¹



Javier I. Amalvy ¹



Ana Laura Resa ²



María Teresa Cañete ²

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Materiales, Facultad Regional La Plata (CITEMA) (UTN-CICPBA), La Plata, Argentina.

² Cátedra de Endodoncia I y II. Facultad de Odontología – Universidad Católica de La Plata, (UCALP), La Plata, Argentina.

RESUMEN

Se determinó la solubilidad en agua en ensayos in-vitro de un cemento reparador endodóntico a base de un conglomerado de trióxidos minerales (MTA), marca Reparative Cement Kit Densell[®] (Argentina), de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 6876:2012. En el ensayo de solubilidad en agua durante 24 h. se encontró un incremento de masa (1,83 %) y la presencia de sólidos en las aguas de lavado (2,23 %). Esto indica que durante el ensayo ocurre la solubilización de parte del material y la incorporación de agua. Por espectroscopia infrarroja, se determinó que se forman compuestos de calcio durante el ensayo.

Palabras claves: Trióxido mineral agregado, cemento reparador endodóntico, solubilidad.

SUMMARY

Solubility of a commercial endodontic reparative cement kit Densell[®] (Argentina) was performed according to the UNE-EN ISO 6876:2012. The results show a mass gain of 1.83 % and 2.23 % of solid in the test solution. These indicate that during the solubility test part of the material solubilizes and water incorporates in the material. Using Fourier Infrared Spectroscopy, it was found that calcium compounds are formed during the solubility test.

Key words: Mineral trioxide aggregate, endodontic reparative cement, solubility.

INTRODUCCIÓN

En 1993 se incorporó al mercado odontológico un material para uso endodóntico indicado para sellar perforaciones, hacer protecciones pulpares directas, pulpotomías, obturar retropreparaciones radiculares, reabsorciones y para obturaciones en la terapia de apexificación (1). Constituido a base de un trióxido mineral agregado (MTA) y comercializado como ProRoot® MTA de la firma Dentsply. Posteriormente, otras empresas han lanzado al comercio productos equivalentes y más recientemente en nuestro medio ha aparecido un cemento reparador endodóntico de la firma Dental Medrano S.A., Densell® MTA.

Los materiales aplicados en las indicaciones mencionadas están sometidos a diversos ácidos, enzimas y fluidos del medio oral. Un material usado para obturar una retropreparación o una perforación no podrá proporcionar un buen sellado a menos que sea insoluble en los fluidos tisulares(2). El MTA es un polvo que se compone de finas partículas hidrófilas que endurecen en presencia de humedad y tiene como inconvenientes su prolongado tiempo de fraguado y la dificultad en el mantenimiento de la consistencia de la mezcla(3). El MTA es reconocido como un material biocompatible que induce la mineralización y formación de tejido duro y provee buen sellado (4).

Se han reportado varios estudios comparativos sobre la solubilidad de materiales de reparación de uso en endodoncia a base de MTA (1, 4-8) y hay factores tanto de composición como experimentales que influyen en los resultados. Los valores reportados de solubilidad de materiales a base de MTA dependen de factores asociados al material (composición, porosidad, tamaño de partículas, etc.), factores asociados a la preparación (forma de mezclado, relación polvo/agua, tiempo de fraguado, etc.) y al ensayo propiamente dicho (norma empleada, tipo de líquido y volumen empleado en el ensayo, tiempo de inmersión, etc.) y no es posible extraer conclusiones generales y tampoco extrapolar a otros productos a base de MTA de composición similar (5, 9, 10).

En un reciente trabajo de Ha y colaboradores se ha reportado una revisión de propiedades y métodos de ensayos empleados para estudiar la solubilidad y cuestiona la aplicación de la norma ISO 6876 en este tipo de materiales. (11).

La empresa Densell® (Argentina) ha desarrollado un cemento reparador endodóntico a base de MTA, comercializado con la marca Reporative Cement Kit. De acuerdo con el fabricante, el reparador se obtiene por la combinación de un polvo compuesto de cemento Portland blanco y trióxido de bismuto, y de un líquido conteniendo agua, cloruro de calcio y conservante.

Dada la falta de información sobre la solubilidad de este producto y la imposibilidad de realizar una extrapolación confiable en base a lo re-

portado en la bibliografía, el objetivo de este trabajo fue determinar la solubilidad en agua en ensayos in-vitro de este material, siguiendo la norma UNE-EN ISO 6876:2012. A fin de caracterizar el material de partida, los productos formados luego del fraguado y del ensayo de solubilidad, se empleó la espectroscopia infrarroja (FTIR).

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las muestras

Se emplearon muestras comerciales del producto MTA® Reparador de Conductos Radiculares Densell®, (Argentina) (Lote PE0262) (Figura 1).



Fig 1. Imagen del reparador de conductos radiculares (polvo y líquido) Densell®

La preparación de las muestras de material se realizó siguiendo las instrucciones del fabricante y por un solo operador. Se utilizó la misma partida de material y se pesaron las gotas de agua y el polvo en balanza analítica de precisión. En una preparación se pesaron 0,29 g de polvo y 0,18 g de líquido (Figuras 2 y 3), relación polvo/líquido = 1,61 (líquido/polvo = 0,62), y se homogeneizó manualmente con espátula para cementos sobre loseta esmerilada.



Figuras 2 y 3: Pesaje del polvo y el agua en balanza de precisión

Ensayos de solubilidad

Para la evaluación de la solubilidad en este trabajo se adopta la norma UNE-EN ISO 6876:2012 redactada para selladores endodónticos en general. Dicha norma en su apartado 4.3.5 indica que "La solubilidad del sellador fraguado, cuando se determine de acuerdo con el apartado 5.6, no debe exceder del 3,0 % en masa. Las probetas no deben mostrar evidencias de desintegración, cuando se examinen visualmente." (2).

Se prepararon 7 discos de 20 mm x 1,5 mm empleando moldes de silicona, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 6876:2012 (ver Figura 4).



Fig. 4. Moldes de silicona de 20 mm x 1,5 mm con cemento reparador (norma UNE-EN ISO 6876:2012).

Después del endurecimiento, las muestras fueron sumergidas en agua desionizada durante 24 horas y acondicionadas en estufa a 37 °C y 99 % de humedad relativa (HR) (Figuras 5 y 6).



Fig. 5. Discos sumergidos en agua desgonzada.



Fig. 6. Estufa a 37°C y 99% HR.

Luego se retiraron y enjuagaron con agua desionizada recogiendo las aguas de lavado. Posteriormente, los discos fueron introducidos en estufa a 110 °C hasta masa constante (diferencia entre pesadas consecutivas menores a 0,1 mg). El agua de lavado junto con el agua de ensayo se evaporó en estufa (a 110 °C) para cuantificar el residuo sólido eliminado de las muestras. Se prepararon siete discos y fueron ensayados de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 6876. Los resultados individuales fueron procesados estadísticamente, calculando el promedio de los valores (\bar{M}) y la desviación estándar (S) de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\bar{M} = \frac{\sum_1^n M_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (M_i - \bar{M})^2}{n - 1}}$$

donde M_i son los valores de masa individuales y n el número de muestras.

Durante el ensayo, se observó que sobre los discos del material reparador se formaron cristales (Figura 7). Estos fueron separados cuidadosamente para su caracterización, junto con los sólidos obtenidos de las aguas de lavado, como se describe en la siguiente sección.

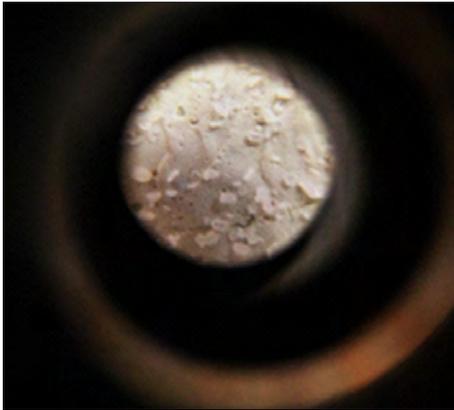


Fig. 7. Formación de cristales sobre cemento reparador.

Caracterización por espectroscopia infrarroja (FTIR)

A fin de caracterizar los productos formados durante el ensayo, se realizaron los espectros de infrarrojo (FTIR) de los componentes puros, del cemento fraguado, del residuo seco y de los cristales adheridos a las muestras del reparador luego del ensayo de solubilidad, en la modalidad transmisión. Para los materiales sólidos se mezcló con KBr espectroscópico y se homogeneizó en un mortero de ágata previo a la preparación de la pastilla por presión. La proporción empleada en la mezcla muestra/KBr fue la necesaria para obtener una adecuada relación señal/ruido. En el caso del líquido se depositaron unas gotas sobre una ventana de CaF₂. Los espectros se obtuvieron con un equipo Shimadzu IRAffinity, adquiriendo 64 barridos entre 4000 y 400 cm⁻¹.

RESULTADOS

Solubilidad

Para determinar la solubilidad, se ensayaron 7 discos y los resultados se presentan en la Tabla 1, junto con los datos estadísticos del ensayo de solubilidad.

Parámetro	Valor promedio (%)	Desviación estándar
Cambio de masa de los discos	1,83	0,36
Masa de residuo sólido	2,23	0,25

Tabla 1. Valores promedio y desviaciones estándares del cambio de masa y residuos sólidos porcentuales del material de reparación endodónticohoras.

Espectroscopia infrarroja (FTIR)

Los espectros FTIR del polvo, líquido y reparador fraguado se observan en la Figura 8 a 10 respectivamente.

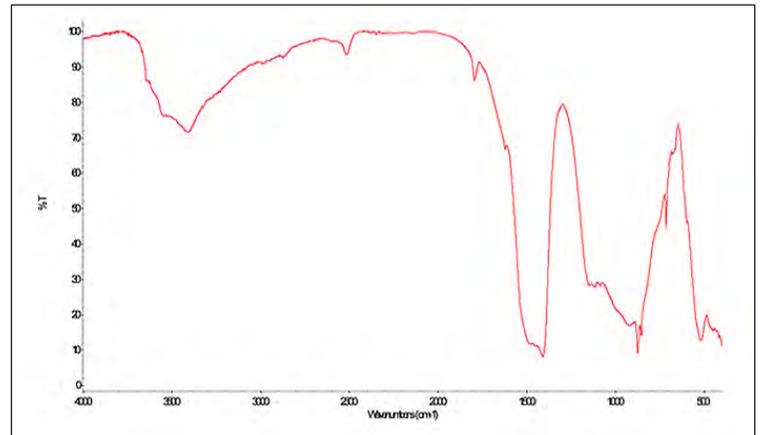


Fig. 8. Espectro infrarrojo (FTIR) del polvo constitutivo del kit del material de reparación.

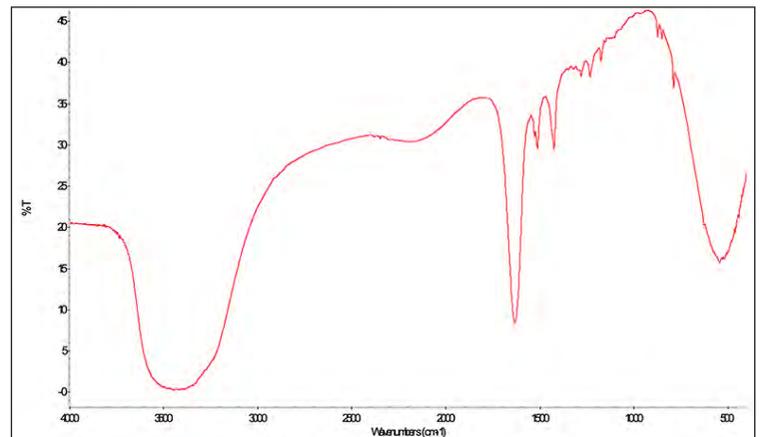


Fig. 9. Espectro infrarrojo (FTIR) del líquido del kit del material de reparación.

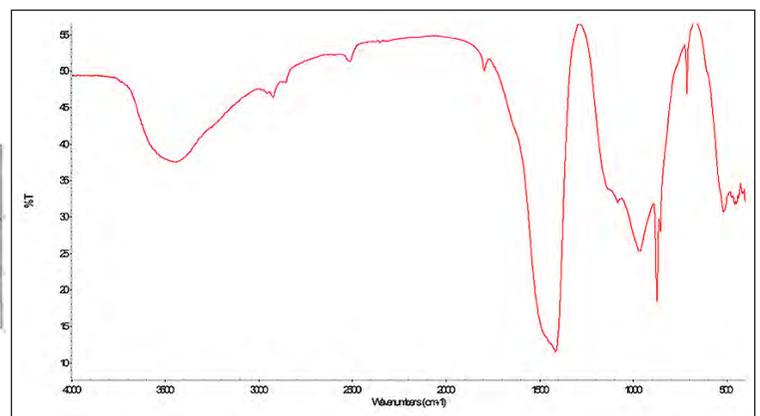


Fig. 10. Espectro infrarrojo (FTIR) del reparador fraguado.

La Figura 11 muestra los espectros del residuo seco y de los cristales adheridos a las muestras del reparador luego del ensayo de solubilidad.

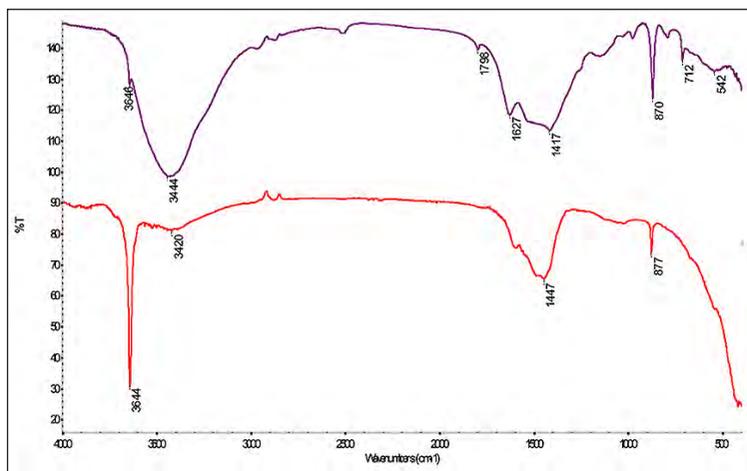


Fig. 11. Espectros de infrarrojo (FTIR) del residuo seco luego del ensayo de solubilidad (violeta) y de los cristales adheridos a los discos (rojo).

DISCUSIÓN

El reparador ensayado en este trabajo está compuesto básicamente por cemento Portland blanco y trióxido de bismuto, y el cambio de masa observado en el ensayo de solubilidad es de $1,83 \pm 0,36$ % y el residuo sólido formado durante el ensayo fue en promedio de $2,23 \pm 0,25$ %. Se puede observar una desviación estándar importante en ambos parámetros, probablemente asociado a la preparación manual de las muestras (incorporación de aire y porosidad), como ha sido reportado por otros investigadores (12). El primer valor es el resultado de incorporación de agua al cemento y el segundo valor puede ser considerado como la solubilidad del cemento, aunque Danesh y col. (13) prefieren asignar este valor al material soluble eluido en agua.

Borges y colaboradores (7) estudiaron y compararon las propiedades de varios cementos a base de MTA, pero no se menciona si se emplea la norma ISO 6876. Estos investigadores encontraron que el cemento Portland blanco presenta el valor más alto de solubilidad, mientras que ProRoot® gris MTA presentó el valor más bajo, mostrando una diferencia estadística significativa con los otros materiales ($P < 0,05$). La diferencia de solubilidad de los cementos estaría relacionada con la composición química y las diferentes estructuras formadas después de la reacción de endurecimiento, ya que la formulación de ProRoot® gris MTA contiene yeso. El yeso, que retarda el endurecimiento del cemento, permite un mayor tiempo para la acomodación de las partículas que lo componen, lo que lleva a la formación de un producto duradero y a una estruc-

tura más resistente. Por otra parte, el óxido de bismuto es insoluble en agua y contribuye a la reducción de la solubilidad. De los cementos estudiados en el trabajo de Borges y colaboradores (7), el MTA BIO tiene una composición similar y la solubilidad determinada es de $2,00 \pm 0,11$ %, similar al encontrado en este trabajo.

Es importante destacar que se han reportado valores de solubilidad de materiales de composición similar al estudiado en este trabajo, en un rango de $0,82 - 3,7$ % (3, 6-8, 10, 14, 15). El valor encontrado en este trabajo se encuentra en ese rango de solubilidad.

Bodanezi, y colaboradores (9) compararon la solubilidad de dos materiales a base de MTA: MTA gris (Angelus, Londrina, PR, Brasil) y de un Cemento Portland gris (Votoran, Votorantin, SP, Brasil), siguiendo la norma ISO 6876. Concluyeron que MTA-Angelus era más soluble que el cemento Portland cuando era sumergido en un medio acuoso durante 672 horas (28 días). La pérdida de peso a 24 horas del MTA-Angelus superaba la máxima aceptada por la norma (3%).

Vivan y colaboradores (6) determinaron la solubilidad de dos cementos a base MTA; MTA blanco Angelus y MTA Bio y tres cementos experimentales; MTA fotocurado, Cemento Portland con 20 % de óxido de bismuto y 5 % de sulfato de calcio y un cemento a base de una resina epóxica, siguiendo la norma ISO 6876. Los materiales que mostraron los valores más bajos de solubilidad fueron el cemento a base de la resina epóxica y el MTA fotocurado, como era de esperar. Los valores más altos de solubilidad fueron el MTA blanco Angelus y MTA Bio, $3,47$ y $3,51$ % respectivamente, que presentan composiciones similares al estudiado en este trabajo.

Dorileo y colaboradores (1) estudiaron la solubilidad de (MTA)-Pro-Root® MTA (Dentsply-Tulsa Dental) y MTA BIO (Angelus Ind. Prod.) y encontraron que los valores de solubilidad y cambios dimensionales estaban dentro de las normas internacionales. La solubilidad del producto MTA BIO, con composición similar al estudiado en este caso resultó $0,12 \pm 0,06$ %, considerablemente menor al valor encontrado en este trabajo. Las diferencias pueden deberse a que el volumen de agua empleado en el ensayo es menor (7,5 mL).

Fridland y Rosado (14) trabajaron con MTA ProRoot® y observaron que el grado de solubilidad aumentaba con la cantidad de agua utilizada en la preparación de la mezcla, los valores van de $1,76$ a $2,83$ % para relaciones agua/polvo de $0,26$ a $0,33$ respectivamente. Las diferencias entre las proporciones eran estadísticamente significativas. En nuestro caso, si bien la relación líquido/polvo ($0,62$) excede el rango ensayado, la solubilidad se encuentra entre los valores indicados. Es importante resaltar que el material empleado en el trabajo de Fridland y Rosado puede contener una pequeña cantidad (5 %) de yeso, que como se indicó, modifica la solubilidad del material fraguado.

Guimaraes (16) comparó las propiedades físico-mecánicas de MTA Repair HP, MTA Vitalcem y MTA de Angelus. MTA Repair HP mostró la mayor liberación de calcio, MTA Vitalcem mostró mayor absorción de agua y solubilidad. La presencia de plastificante en el MTA Repair Hp puede incrementar su solubilidad y porosidad. El MTA Angelus blanco mostró el valor más bajo de solubilidad ($4,91 \pm 3,73$) y absorción de agua en comparación con el MTA Vitalcem. La relación polvo/agua empleada fue 3,625, muy superior a la empleada en este trabajo (1,61). Sin embargo, Ferreira (17) no encontró diferencias en solubilidad y adsorción de agua entre MTA Repair HP y MTA Angelus blanco. Días Galarça (18) encontró que estadísticamente la solubilidad fue similar en ambos materiales.

Flores Ledesma y colaboradores (19) estudiaron un cemento Portland con el agregado de un 20 % de bióxido de bismuto y otros compuestos como wollastonita y bioglass. La incorporación de estos últimos modifica el tiempo de fraguado y si bien aumenta ligeramente la solubilidad, los valores se mantienen por debajo del 3%.

Poggio y colaboradores (15) midieron la solubilidad de seis materiales usados para protección directa, entre ellos el MTA ProRoot® y el MTA Angelus. Encontraron que ambos cumplían con la norma ISO 6876 con valores de solubilidad de $0,72 \pm 0,15$ y $0,73 \pm 0,12$, respectivamente. Sin embargo, en el ensayo emplearon un volumen mucho menor de agua (5 mL) que el recomendado por la norma y, como se indicó, esto afecta el resultado de solubilidad (10, 14). El incremento de masa observada durante el ensayo indica la incorporación de agua al material de reparación. De acuerdo con el fabricante, este material de reparación está constituido por óxidos minerales en forma de pequeñas partículas hidrofílicas, lo que explicaría la incorporación de agua.

Ha y colaboradores (11) encontraron que MTA, BioAggregate, Biodentine y ProRoot® MTA mostraron valores negativos de solubilidad en solución de Hank, debido a la absorción de iones del medio, en lugar de perder masa por solubilidad.

Los residuos de las aguas de lavado representan 2,23 % de la masa inicial de los discos. De la información disponible sobre la composición del reparador, se concluye que esto correspondería a la formación de compuestos de calcio (20-22).

Con el fin de tratar de establecer que compuestos conforman el residuo se realizó un análisis detallado de los espectros de infrarrojo. El espectro FTIR del reparador fraguado es similar al del espectro del polvo (ver Figuras 8 y 10) mientras que el espectro del líquido se corresponde con el espectro de CaCl_2 en medio acuoso, ya que es el componente principal del componente líquido. Se observan también señales débiles a 1510 y 1424 cm^{-1} entre otras, asignables al conservante empleado en su formulación.

La Figura 11 muestra los espectros del sólido que se separa de las aguas de lavado y de los cristales adheridos a las muestras. El espectro de los cristales presenta señales dominantes a 3644 cm^{-1} , una señal ancha centrada en 1450 cm^{-1} y otra de baja intensidad a 877 cm^{-1} , que se corresponden principalmente con hidróxido de calcio. El espectro del sólido de las aguas de lavado se corresponde con una mezcla formada por hidróxido, óxido y carbonato de calcio (ver Figura 12). Este último compuesto se forma debido a la presencia de dióxido de carbono atmosférico durante el ensayo (23).

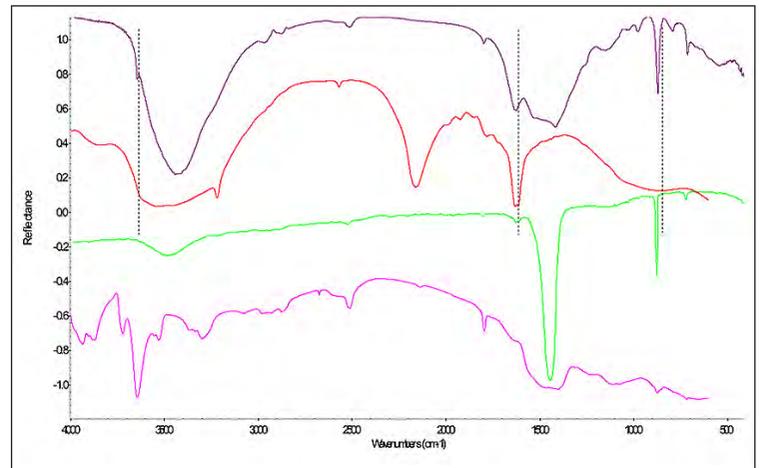


Fig. 12. Espectros FTIR del residuo seco (violeta), cloruro de calcio (rojo), carbonato de calcio (verde) e hidróxido de calcio (lila). Se indican señales características observadas en el espectro del sólido separado luego del ensayo de solubilidad.

En el espectro de los sólidos de las aguas de lavado, además de estas señales, se observan otras débiles a 977, 790 y 512 cm^{-1} , que pueden corresponder a compuestos que se incorporan como conservantes, preservantes, estabilizantes o desensibilizantes al cemento para mejorar su comportamiento terapéutico (24). En particular el material en estudio contiene conservantes, pero dada la confidencialidad de la composición no es posible realizar un análisis más detallado.

CONCLUSIÓN

En el ensayo de solubilidad del material reparador endodóntico a base de MTA en agua durante 24 horas se encontró un aumento de masa (1,83 %) como consecuencia de la formación de compuestos de silicato de calcio hidratado.

Luego del ensayo de solubilidad de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 6876, la masa del residuo sólido fue de 2,23 %. Este valor está por debajo del 3 %, indicando que el material ensayado cumple con la citada norma.

Mediante espectroscopia infrarroja se puede concluir que durante el ensayo de solubilidad se separan compuestos de calcio, en particular hidróxido, óxido y carbonato de calcio. Este último compuesto se forma

debido a la presencia de dióxido de carbono atmosférico durante el ensayo. Por último, durante el ensayo se observó la formación de cristales que por espectroscopia FTIR corresponden a hidróxido de calcio.

Finalmente, el amplio rango de valores de solubilidad reportados en materiales de similar composición sugiere la influencia de factores que deberían ser revisados, tales como el tiempo de fraguado y la relación polvo/agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dorileo MC, Pedro FL, Bandeca MC, Guedes OA, Villa RD, Borges AH. Comparative analysis of physicochemical properties of root perforation sealer materials. *Restor Dent Endod.* 2014;39(3):201-9.
2. Saghiri MA, Ricci J, Daliri Joupari M, Aeinehchi M, Ahmadi K, Bahramian N. A Comparative Study of MTA Solubility in Various Media. *Iran Endod J.* 2011;6(1):21-4.
3. Ceci M, Beltrami R, Chiesa M, Colombo M, Poggio C. Biological and chemical-physical properties of root-end filling materials: A comparative study. *Journal of conservative dentistry : JCD.* 2015;18(2):94-9.
4. Silva EJNL, Herrera DR, Rosa TP, Duque TM, Jacinto RC, Gomes BPFda, et al. Evaluation of cytotoxicity, antimicrobial activity and physicochemical properties of a calcium aluminate-based endodontic material. *Journal of applied oral science : revista FOB.* 2014;22(1):61-7.
5. Borges AH, Pedro FLM, Miranda CES, Semenoff-Segundo A, Pécora JD, Filho AMC. Comparative study of physico-chemical properties of MTA-based and Portland cements. *Acta odontologica latinoamericana : AOL.* 2010;23(3):175-81.
6. Vivian RR, Zapata RO, Zeferino MA, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Evaluation of the physical and chemical properties of two commercial and three experimental root-end filling materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontology.* 2010;110(2):250-6.
7. Kaup M, Schäfer E, Dammaschke T. An in vitro study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. *Head & Face Medicine.* 2015;11(1):1-8.
8. Singh S, Podar R, Dadu S, Kulkarni G, Purba R. Solubility of a new calcium silicate-based root-end filling material. *Journal of conservative dentistry : JCD.* 2015;18(2):149-53.
9. Bodanezi A, Carvalho N, Silva D, Bernardineli N, Bramante CM, Garcia RB, et al. Immediate and delayed solubility of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Journal of applied oral science : revista FOB.* 2008;16(2):127-31.
10. Cavenago BC, Pereira TC, Duarte MAH, Ordinola-Zapata R, Marciano MA, Bramante CM, et al. Influence of powder-to-water ratio on radiopacity, setting time, pH, calcium ion release and a micro-CT volumetric solubility of white mineral trioxide aggregate. *International endodontic journal.* 2014;47(2):120-6.
11. Ha WN, Nicholson T, Kahler B, Walsh LJ. Mineral Trioxide Aggregate--A Review of Properties and Testing Methodologies. *Materials* (1996-1944). 2017;10(11):1261.
12. Duque JA, Fernandes SL, Bubola JP, Duarte MAH, Camilleri J, Marciano MA. The effect of mixing method on tricalcium silicate-based cement. *International endodontic journal.* 2018;51(1):69-78.
13. Danesh G, Dammaschke T, Gerth HUV, Zandbiglari T, Schäfer E. A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *International endodontic journal.* 2006;39(3):213-9.
14. Fridland M, Rosado R. MTA solubility: a long term study. *Journal of endodontics.* 2005;31(5):376-9.
15. Poggio C, Lombardini M, Colombo M, Beltrami R, Rindi S. Solubility and pH of direct pulp capping materials: a comparative study. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials.* 2015;13(2):e181-e5.
16. Guimarães BM, Prati C, Duarte MAH, Bramante CM, Gandolfi MG. Physicochemical properties of calcium silicate-based formulations MTA Repair HP and MTA Vitalcem. *Journal of applied oral science : revista FOB.* 2018;26:e2017115.
17. Ferreira CMA, Sassone LM, Gonçalves AS, de Carvalho JJ, Tomás-Catalá CJ, García-Bernal D, et al. Physicochemical, cytotoxicity and in vivo biocompatibility of a high-plasticity calcium-silicate based material. *Scientific reports.* 2019;9(1):3933.
18. Galarça AD, Da Rosa WLdO, Da Silva TM, da Silveira Lima G, Carreño NLV, Pereira TM, et al. Physical and Biological Properties of a High-Plasticity Tricalcium Silicate Cement. *BioMed Research International.* 2018:1-6.
19. Flores-Ledesma A, Barceló Santana F, Bucio L, Arenas-Alatorre JA, Faraji M, Wintergerst AM. Bioactive materials improve some physical properties of a MTA-like cement. *Materials science & engineering C, Materials for biological applications.* 2017;71:150-5.
20. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *International endodontic journal.* 2007;40(6):462-70.
21. Camilleri J. Hydration characteristics of calcium silicate cements with alternative radiopacifiers used as root-end filling materials. *Journal of endodontics.* 2010;36(3):502-8.
22. Chang S-W. Chemical characteristics of mineral trioxide aggregate and its hydration reaction. *Restorative dentistry & endodontics.* 2012;37(4):188-93.
23. Khachani M, El Hamidi A, Halim M, Arsalane S. Non-isothermal kinetic and thermodynamic studies of the dehydroxylation process of synthetic calcium hydroxide Ca(OH)₂. *J Mater Environ Sci.* 2014;5(2):615-624.
24. Torabinejad M, White D. Tooth filling material and method of use. *Patente USA* 5.769.638

AGRADECIMIENTOS

A la firma Dental Medrano S.A. por la provisión del sellador necesario para la realización de este trabajo.

A la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), Facultad Regional La Plata de la Universidad Tecnológica Nacional (Argentina) y Facultad de Odontología de la Universidad Católica de La Plata (Argentina) por el apoyo económico.

Autor de correspondencia:

María Teresa Cañete
e-mail: canetemariateresa@gmail.com

Recibido: 31/3/2020

Aceptado: 1/8/2020

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.