Revision Bibliografica

ZEOLITA DE PLATA EN ODONTOLOGÍA.
SILVER ZEOLITE IN DENTISTRY.

AQUINO A.

Odontólogo Facultad de Odontología. Universidad de Carabobo-Venezuela
Residente Doctorado en Química Tecnológica. Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad de Carabobo.
Docente del Departamento Clínica Integral del Niño y del Adolescente. Universidad de Carabobo. Venezuela
anadelazailith@gmail.com

Volumen 7.
Número 1.
Ene - Abr 2018

Recibido: 22 agosto 2017
Aceptado: 09 octubre 2017

RESUMEN:

La evidencia de diversos estudios demuestran que los microorganismos son la causa de las principales patologías bucodentales, por lo que en el área de la investigación in vitro se han invertido grandes esfuerzos en la síntesis y caracterización de partículas y nanopartículas con propiedades fisicoquímicas que permitan la innovación y el avance de las ciencias y las tecnologías odontológicas, en el diseño de un biomaterial que optimice la eliminación de los agentes microbianos ya identificados como causales en la mayoría de las lesiones dentobucales. En este ir y venir en el desarrollo de un material odontológico ideal, que cumpla con los requisitos fundamentales de acción antimicrobiana, preservación de los tejidos y baja toxicidad, se han llevado a cabo infinidad de ensayos clínicos; entre los cuales encontramos el uso de la zeolita, un aluminosilicato, con características de intercambio iónico que la hacen fascinante en el campo cientificotecnológico; específicamente su adición con la plata ha sido empleada de manera individual o combinada con otros materiales dentales, dado a sus importantes propiedades; obteniendo resultados positivos; considerando su alta capacidad como antimicrobiano frente a la flora bucal patógena. Por tal motivo el objetivo de este estudio fue realizar una revisión de literatura que integre los conceptos del uso de la zeolita de plata como alternativa terapéutica en odontología.

Palabras Claves: Zeolita de plata, Odontología, biomateriales.

SUMMARY:

Evidence from several studies shows that microorganisms are the cause of major oral pathologies, so in the area of in vitro research great efforts have been invested in the synthesis and characterization of particles and nanoparticles with physicochemical properties that allow innovation and the advancement of dental sciences and technologies in the design of a biomaterial that optimizes the elimination of microbial agents already identified as causal in most dentobuccal lesions. In this coming and going in the development of an ideal dental material, which meets the fundamental requirements of antimicrobial action, tissue preservation and low toxicity, have been carried out countless clinical trials; among which we find the use of zeolite, an aluminosilicate, with ion exchange characteristics that make it fascinating in the scientific-technological field; specifically its addition with silver has been used individually or in combination with other dental materials, given its important properties; obtaining positive results; considering its high capacity as an antimicrobial against pathogenic oral flora. For this reason the objective of this study was to carry out a literature review that integrates the concepts of the use of silver zeolite as a therapeutic alternative in dentistry.

Keywords: Zeolite silver, Dentistry, biomaterials.

INTRODUCCIÓN

Durante años la búsqueda de biomateriales con usos específicos en la odontología se ha convertido en un pilar fundamental en el avance de las terapéuticas de la salud bucal.

Obtener un material con características físicas, químicas y mecánicas idóneas para interactuar con los tejidos dentales y los microorganismos del entorno bucal es un gran desafío.

En las últimas décadas, un gran número de investigadores han dirigido especial atención al uso de un grupo de aluminosilicatos cristalinos, conocidos como zeolitas, llevando a cabo una labor científica muy extensa acerca de la síntesis, estructura y propiedades de los mismos. Como resultado, se han obtenido un gran número de patentes sobre la aplicación y elaboración de diferentes tipos de zeolitas naturales y sintéticas.

La presente investigación plantea la incorporación de la zeolita como material de uso odontológico de forma independiente o combinada de acuerdo a sus múltiples propiedades y características, con la finalidad de contribuir de manera efectiva como una alternativa terapéutica.

A pesar de su reciente interés cabe destacar que el descubrimiento de la zeolita se llevo a cabo en el año 1756 por Barón Axel Crontedt un geólogo sueco, quien en sus observaciones de una roca basílica, distinguió unos pequeños cristales bien definidos en el interior de las vesículas de la roca, los que, sometidos al calor desprendían el agua de hidratación o combinación en forma de vapor, por lo que la palabra zeolita proviene del griego Zein (hervir) y Lithos (piedra) Rivadeneira *(2016)*.

Las zeolitas son un grupo de aluminosilicatos cristalinos de baja densidad, microporoso conformados por silicio, aluminio, y oxígeno, cationes y agua dentro de los poros o cavidades individuales regulares de tamaños bien definidos de acuerdo a la tipología. Sus cationes pueden ser intercambiados con iones monovalentes o divalentes. Se documentan hasta cerca de 140 tipos de zeolitas naturales y 150 sintéticas, con aplicaciones bien definidas y selectivas, *(Laurino, Palmieri 2015; Rahimi et al (2015).*

De acuerdo a Rahimi et al *(2015)*, la estructura porosa de las zeolitas combina el carácter hidrófilo e hidrófobo lo que las convierte en elementos selectivo de moléculas, lo cual las hace útiles como tamices tanto de moléculas orgánicas así como inorgánicas.

Las Zeolitas presentan una configuración silicática tridimensional particular, que puede ser designada como cavernosa, Rivadeneira *(2016)*; por lo que todos los minerales pertenecientes al grupo zeolíticos están caracterizados por una red de canales o poros que conducen a cavidades centrales. La estructura cristalina de cada uno de los minerales pertenecientes al grupo es única lo que les otorga dimensiones estrictamente determinadas, *(Rivadeneira 2016; Laurino, Palmieri 2015)*. Dichas cavidades son capaces de alojar cationes como la plata, zinc entre otros.

Entre las propiedades cabe destacar la característica microporosa única de la zeolita la cual la convierte en un mineral con múltiples aplicaciones, Ye S et al *(2017)*, las ventajas que ofrecen sus propiedades físico-químicas han motivado la sustitución de otros productos convencionales por zeolitas en numerosos procesos. Entre las propiedades más distinguidas de las zeolitas se tienen la adsorción, el intercambio iónico, la actividad catalítica, *(Rivadeneira 2016; Laurino, Palmieri 2015)* y antimicrobiana, *(Matsumura et al; Saengmee-anupharb et al).*

El intercambio iónico ha permitido incorporar partículas como la plata, un metal noble que exhibe una importante actividad antimicrobiana obteniendo la zeolita de plata cuyas características y propiedades propias ha originado exploraciones que conducen a su posible aplicación en el campo de la odontología. El objetivo de esta investigación es revisar y dar a conocer los avances que se han realizado a nivel de estudios in vitro con el uso independiente y combinado de la zeolita de plata con la finalidad de obtener resultados que favorezcan y potencien la actividad de los materiales ya existentes o la síntesis de nuevos biomateriales a partir de zeolita.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda en la base de datos Pubmed y Google Académico, en la cual se consideraron los artículos publicados entre 2002 y 2017, utilizando las siguientes palabras clave: **Zeolita, odontología.** Seleccionando para su análisis 30 artículos científicos entre los cuales encontramos revisiones bibliográficas y estudios in vitro. Los criterios de inclusión fueron artículos en español o ingles que desarrollaran la temática del uso de la zeolita como alternativa en los tratamientos odontológicos de manera individual o combinada. Los criterios de exclusión fueron artículos con tópicos de información limitada y restringida.

ANÁLISIS Y DISERTACIÓN

Las investigaciones sobre las propiedades físicas, químicas, mecánicas y microestructurales de los biomateriales es esencial para desarrollar nuevas tecnologías y por tanto nuevos elementos de uso odontológico.

Una gran cantidad de estudios in vitro han sugerido en los últimos años el uso de las zeolitas como alternativa en los distintos tratamientos odontológicos.

Las zeolitas son un grupo de alumninosilicatos naturales, especialmente sódicos y cálcicos, que pueden ser producidas artificialmente; las cuales cuentan con un gran número de propiedades, Ruiz et al (2016). Son sistemas hidratados altamente cristalinos que al deshidratarse desarrollan una estructura porosa con diámetro de poro de 3 a 10 Amnstrong, *Pilar (2012)*.

Dado la posible aplicación de las zeolitas como material odontológico, se han realizado investigaciones para evaluar su citotoxicidad y unión celular, así tenemos trabajos que confirman la biocompatibilidad de partículas Zeolita de plata y zinc, *(Samiei et al; Cinar et al 2009; Thom et al 2003).*

En la odontología la zeolita mas estudiada es la que contiene plata dada su importante actividad antimicrobiana. La zeolita de plata al igual que otros materiales inorgánicos de plata como silicato de circonio fosfato de plata (AgZrPSi) y fosfato de zirco-

nio de plata (AgZrP), han demostrado efectos antimicrobianos frente a microorganismos orales como Streptococcus mutans, Lactobacillus casei, Cándida albicans y Staphylococcus aureus, Saengmee-anupharb *(2013).*

Con esta premisa la zeolita de plata se ha añadido a un conjunto de materiales dentales, entre ellos cemento de ionomero de vidrio, mineral de trióxido agregado (MTA), y resina, cuya combinación se han realizado con el objetivo de inducir o incrementar propiedades antibacterianas de estos materiales dentales, *(Thom et al 2003; Odabas et al 2011; Casemiro et al 2008).*

La evidencia de que los microorganismos y sus toxinas son los principales agentes etiológicos de las patologías bucales nos ha conducido a generar materiales que incluyan fundamentalmente actividad antimicrobiana. Así encontramos estudios como el de Cinar et al *(2009)*, cuyo objetivo fue determinar el efecto antibacteriano in vitro de dos cementos de ionómero de vidrio experimentales, con adición de zeolita de plata, contra Streptococcus Milleri, Staphylococcus aureus y Enterococcus faecalis a las 24 y 48 h de incubación mediante el uso de la prueba de difusión en agar. Los resultados obtenidos demuestran que la adición de zeolita de plata al cemento de ionomero de vidrio inhibe el crecimiento de todas las cepas analizadas, con un mayor efecto de inhibición en el crecimiento bacteriano de E. faecalis, Cinar et al *(2003)*. Enterococcus faecalis es comúnmente identificado como agente causante del fracaso de terapias endodónticas, motivo por el que se ha convertido en candidato para un gran número de experimentos; tal es el caso de Ghatole, que tuvo como objetivo evaluar el efecto antibacteriano, de una mezcla de MTA (Trióxido de Metal Agregado) con zeolita de plata, frente a Enterococcus faecalis mediante la prueba de contacto directo, los resultados obtenidos evidencian que la incorporación zeolita de plata aumenta la propiedad antimicrobiana del MTA, Ghatole et al (2016), lo cual coincide con los resultados obtenidos por Odabas et al *(2011)*.

Por otra parte Ghatole et al *(2016)* llevaron a cabo una investigación donde uno de los objetivos fue comparar la actividad antibacteriana de hidróxido de calcio mezclado con zeolita de plata, contra E. faecalis utilizando la prueba de contacto directo, lo cual arrojo como resultado, que el hidróxido de calcio combinado con zeolita de plata posee máxima actividad antibacteriana contra E. faecalis en los días 1, 3 y 7.

En la búsqueda de un sistema de restauración dental funcional que integre actividad antimicrobiana, se desarrolló una investigación utilizando nanoparticulas de zeolita cargadas con clorhexidina, mediante intercambio iónico, que luego se incorporaron a un cemento de ionómero de vidrio comercial. Los resultados en prueba de difusión en agar revelaron que la mezcla posee una zona de inhibición del crecimiento de Streptococcus mutans mayor que la presente en cemento de ionómero de vidrio solo, lo que indica que esta innovadora combinación potencia la actividad antimicrobiana de dicho material. De igual manera, estos resultados sugieren que una gama de sustancias antimicrobianas que inhiben el crecimiento de patógenos orales se puede incorporar de manera eficaz en cemento de ionómero de vidrio usando la zeolita como vehículo, Kim HJ *(2016)*. Por otra parte Kawahara et al *(2000)* realizaron un estudio con la intención de evaluar el efecto antibacteriano de zeolita de plata contra las bacterias orales en condiciones anaeróbicas. Se encontró que especies gram negativas (Porphyromonas gingivalis, Prevotella intermedia y Actinobacillus Aggregatibacter) fueron más susceptibles que las especies gram positivas (Streptococcus mutans, S. sanguinis, S. Aureus y Actinomyces viscosus. Sus resultados plantean que la zeolita de plata puede ser un vehículo útil para proporcionar actividad antibacteriana a los materiales dentales utilizados incluso en condiciones anaerobias tales como el fondo de la bolsa periodontal. De modo similar encontramos una publicación que tuvo como propósito evaluar diversos efectos biológicos de zeolita de plata y un extracto rico en polifenoles de A. nodosum (ASCOP) para prevenir y / o tratar enfermedades orales relacionadas con el biofilm, específicamente la inhibición de crecimiento y formación de biofilm de las bacterias Porphyromonas gingivalis y Streptococcus gordonii las cuales favorecen la formación de biopelícula relacionada con periodontitis crónica. En dicho estudio los resultados in vitro demuestran que la zeolita de plata individual o en combinación con ASCOP expresó una alta actividad bactericida frente a P. gingivalis, sin embargo la viabilidad de S. gordonii no estuvo afectada; además lograron demostrar que zeolita de plata combinada con ASCOP exhibe una evidente acción sinérgica en alterar la capacidad del S. gordonii solo o en cocultivo con P. gingivalis, de formar la biopelícula Estos resultados apoyan el uso prometedor de estos productos en las futuras estrategias preventivas o terapéuticas contra las enfermedades periodontales, Tamanai-Shacoori et al *(2014)*.

Adicionalmente a nivel bucal encontramos también hongos; dentro de los cuales se ha aislado con más frecuencia en la cavidad oral la Cándida Albicans, la cual posee la capacidad de adherirse y colonizar las superficies orales en gran numero. Además, las células de levadura pueden formar co-agregados y relacionarse de manera sinérgica con bacterias patógenas tales como Staphylococcus aureus (S. aureus) que conducen a infecciones mixta, Shirtliff (2009) La zeolita de plata ha demostrado una actividad antifúngica notable hacia C. albicans atacando la membrana plasmática que resulta en la formación de perforaciones, lo que altera el potencial de membrana, inhibiendo el proceso de gemación y causando la posterior muerte de células, *(Zeng et al 2014; Iqbal, Zafar 2016).*

Un estudio para evaluar las propiedades antimicrobianas de la zeolita tipo; Y, X y A de acuerdo a su forma microscópica, con diferente relación de iones de Al/Si intercambiados con iones de Ag +, Zn 2+ y Cu 2+ se investigaron individualmente y se compararon las características antimicrobianas contra una amplia gama de microorganismos incluyendo bacterias y levaduras. Se observó que la zeolita de plata exhibe mayor actividad antibacteriana y antifungica con respecto a las otras muestras de zeolita, (Demirci et al 2014; Ferreira et al 2016; Saravanan et al 2015). Los resultados apoyan claramente que se pueden obtener zeolitas sintéticas, mediante intercambio iónico con Ag +, Zn 2+, y Cu 2+ para adquirir propiedades antimicrobianas o usar las características de liberación de los iones para proporcionar una actividad prolongada y fuerte, Demirci et al *(2014).*

MECANISMO DE ACCIÓN ANTIBACTERIANA DE LA ZEOLITA DE PLATA

En odontología, con el objetivo de reducir la adhesión de bacterias y hongos a los materiales y dispositivos orales, se han investigado la zeolita de plata, desarrollando así una serie de posibles aplicaciones, Saengmee-anupharb et al *(2013).*
La zeolita se une electrostáticamente a la plata lo que conlleva a una liberación gradual, equilibrada y duradera de iones de plata a partir de zeolita, Ghatole et al *(2016).* La plata es un elemento químico, del grupo de los metales de transición, cuyo símbolo químico (Ag) proviene de la abreviación de su nombre en latín, argentum, que significa blanco y brillante, Ramírez *(2010),* perteneciente a los metales nobles, que presenta elevada reactividad, excelente compatibilidad y baja toxicidad sobre las células eucariotas.

Las nanopartículas de plata han sido estudiadas por su capacidad antimicrobiana contra bacterias Gram-negativas y Gram-positivas y antiviral contra el VIH-1, virus de la hepatitis B, virus herpes simple tipo 1, Lara et al *(2010).* Sin embargo los mecanismos precisos de la actividad citotóxica de la plata contra los microorganismos no está del todo esclarecida se proponen varios mecanismos para la acción bactericida de las partículas de plata. Una de ellas es la acción de iones de plata que pueden unirse con la pared celular, membrana de la célula, y la envoltura celular de los microorganismos. La carga positiva de los iones de plata permite la atracción electrostática entre las cargas negativas de la membrana celular bacteriana y partículas de plata con carga positiva lo cual causa la ruptura de la membrana celular, Saengmee-anupharb et al *(2013).*

Por otra parte se plantea como mecanismo de acción la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS), Fröhlich, Fröhlich (2016), que consiste en la formación de radicales libres que causa cambios estructurales en los microorganismos, Saengmee-anupharb et al *(2013)*, como resultado de la acción catalítica de los iones de plata, producto en la peroxidación de lípidos, la oxidación de proteínas y el daño del ADN, Fröhlich, Fröhlich *(2016).*

La formación de especies reactivas de oxigeno produce pérdida de permeabilidad en la membrana y perturbación de la cadena respiratoria bacteriana; además obstaculizan la función motora del citoesqueleto y por consiguiente puede impedir la división del citoplasma celular. Por otra parte la unión de ligando y nanoparticulas de plata afectan la señalización celular. En bacterias expuestas a partículas de plata se ha observado alteraciones en la función de las proteínas superficiales, dado a que el metal puede entorpecer el desempeño fisiológico de las porinas, proteínas receptores de membrana de bacterias Gram negativas, que permiten la difusión pasiva intra y extracelular de moléculas, lo que en consecuencia retrasa la división celular, Olguin *(2013).*

Otra propiedad microbiocida es atribuida a la reacción del ion de plata con el grupo tiol (-SH) de enzimas fundamentales como L-cisteína, N-acetil L-cisteína inactivando su función, por otra parte interactúa con el ADN bacteriano, lo que conlleva a un marcado aumento de la dimerización de pirimidina mediante la reacción fotodinámica y la posible prevención de la replicación del ADN, impidiendo la multiplicación bacteriana, *(Matsumura et al 2003; Holt, Bard 2005).*

Estudios han demostrado que el efecto y la acción antimicrobiana de las partículas de plata son dependiente de la concentración; así una concentración micromolar, interactúa con la síntesis de ATP; se unen a proteínas de membrana de transporte, lo que resulta en la fuga de protones, y se inhiben la absorción de fosfato resultando en un flujo de salida de fosfato intracelular. Mientras que concentraciones milimolares de iones de plata conducen a la contracción del citoplasma, el desprendimiento de la membrana de la pared celular, la destrucción de la pared celular de peptidoglicano, la desnaturalización de los ribosomas, la condensación del ADN con la inhibición de la síntesis de ADN, y la lisis de la membrana celular, Olguin *(2013).*

Baker et al, encontraron que la muerte completa de la célula bacteriana podría lograrse a 8 mg/cm2 nanopartículas de plata y que las partículas más pequeñas tenían acción antibacteriana más eficientes, Nagy et al *(2011).*

CONCLUSIÓN

Es evidente que la zeolita de plata interfiere con el metabolismo microbiano evaluado in vitro de manera directa e indirecta; exhibiendo una alta capacidad biocida ante bacterias, hongos y virus, sin embargo la factibilidad de su actividad antimicrobiana puede verse impugnada en el complicado microambiente de la cavidad oral, por lo que se debe insistir en la realización de estudios adicionales in vivo que complementen los hallazgos hasta ahora descritos.

Por otra parte se requieren más estudios para determinar el posible efecto citotóxico y teratogénico que pueda estar relacionado a la liberación gradual de iones de plata a partir de la zeolita. Los hallazgos dentro de esta revisión sugieren que las formulaciones de zeolita de plata son prometedoras para la odontología, pudiendo emplearse de manera individual o podrían combinarse con diversos materiales dentales para optimizar sus propiedades antimicrobianas.

La caracterización estructural de las zeolitas resulta indispensable para entender su comportamiento y así desarrollar y optimizar sus propiedades en el diseño de partículas y nanopartículas con grandes características de uso en odontología.

REFERENCIAS

1. Casemiro LA, Gomes Martins CH, Pires-de-Souza Fde C, Panzeri H. Antimicrobial and mechanical properties of acrylic resins with incorporated silver-zinc zeolite-part 1. Gerodontology. 2008; 25:187–94.

2. Cinar C, Ulusu T, Ozcelik B, Karamuftuoglu N, Yucel H. Antibacterial effect of silver-zeolite containing root-canal filling material. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2009; 90:592-5.

3. Demirci S, Ustaoglu Z, Yilmazer G, Sahin F, Baç N. Antimicrobial Properties of Zeolite-X and Zeolite-A Ion-Exchanged with Silver, Copper, and Zinc Against a Broad Range of Microorganisms. Appl Biochem Biotechnol. 2014; 172: 1652.

4. Ferreira L, Guedes JF, Almeida-Aguiar C, Fonseca AM, Neves IC. Microbial growth inhibition caused by Zn/Ag-Y zeolite materials with different amounts of silver. Colloids Surf B Biointerfaces. 2016; 142:141-7.

5. Fröhlich EE, Fröhlich E. Cytotoxicity of Nanoparticles Contained in Food on Intestinal Cells and the Gut Microbiota. Routledge M, Yan B, eds. International Journal of Molecular Sciences. 2016;17(4):509

6. Ghatole K, Patil A, Giriyappa R. H, Singh T. V, Jyotsna S. V, Rairam, S. Evaluation of Antibacterial Efficacy of MTA with and without Additives Like Silver Zeolite and Chlorhexidine. Journal of Clinical and Diagnostic Research : JCDR, 2016;10(6), ZC11–ZC14.

7. Ghatole K, Gowdra RHG, Azher S, Sabharwal S, Singh VT, Sundararajan BV. Enhancing the antibacterial activity of the gold standard intracanal medicament with incorporation of silver zeolite: An in vitro study. Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry. 2016;6(1):75-79.

8. Holt KB, Bard AJ. Interaction of silver(I) ions with the respiratory chain of Escherichia coli: an electrochemical and scanning electrochemical microscopy study of the antimicrobial mechanism of micromolar Ag+. 2005; 44:13214-13223.

9. Iqbal Z, Zafar MS. Role of antifungal medicaments added to tissue conditioners: A systematic review. J Prosthodont Res. 2016;60(4):231-239.

10. Kawahara K, Tsuruda K, Morishita M, Uchida M. Antibacterial effect of silver-zeolite on oral bacteria under anaerobic conditions. Dent Mater. 2000;16:452-455.

11. Kim HJ, Son JS, Kim KH, Kwon TY. Antimicrobial activity of glass ionomer cement incorporated with chlorhexidine-loaded Zeolite nanoparticles. J Nanosci Nanotechnol.2016 Feb;16(2):1450-3

12. Lara H, Nilda V, Ayala-Nuñez NV, Ixtepan-Turrent L, Rodriguez-Padilla C. Mode of antiviral action of silver nanoparticles against HIV-1. Journal of Nanobiotechnology 2010;8:1

13. Laurino C, Palmieri B. Zeolite: "the magic stone"; main nutritional, environmental, experimental and clinical fields of application. University of Modena and Reggio Emilia, Modena (Italy). Nutr Hosp. 2015;32(2):573-581

14. Matsumura Y, Yoshikata K, Kunisaki S, Tsuchido T. Mode of Bactericidal Action of Silver Zeolite and Its Comparison with That of Silver Nitrate. Applied and Environmental Microbiology. 2003;69(7):4278-4281.

15. Nagy A, Harrison A, Sabbani S, Munson RS, Dutta PK, Waldman WJ. Silver nanoparticles embedded in zeolite membranes: release of silver ions and mechanism of antibacterial action. International Journal of Nanomedicine. 2011;6:1833-1852.

16. Odabas ME, Cinar C, Akca G, Araz I, Ulusu T, Yucel H. Short term antimicrobial properties of mineral trioxide aggregate with incorporated silver-zeolite. Dent Traumatolo. 2011;27(3):189–94.

17. Olguin M. Zeolitas Modificadas con plata para el Desarrollo de un Sistema de Desinfección de Agua. [Tesis de Maestria]. Toluca, Universidad Autónoma Del Estado de México; 2013.

18. Pilar O, Alias. Aplicación de Microscopia Electrónica y Radiación Sincontron al Estudio de Materiales y procesos Avanzados para la salud y estética dental. [Tesis Doctoral]. Universidad Autónoma de Barcelona; 2012.

19. Rahimi M, Ng E-P, Bakhtiari K, Vinciguerra M, Ahmad H. A, Awala H, Rezaee F. Zeolite Nanoparticles for Selective Sorption of Plasma Proteins. Scientific Reports, 2015;5,17259.

20. Ramírez R. Historia de la plata: su impacto en las antiguas civilizaciones y la sociedad moderna Revista Digital Universitaria 01 de julio 2010. Vol. 11:7.

21. Rivadeneira D. Evaluación de tres dosis de zeolita para optimizar el rendimiento del cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa), [Tesis de Licenciatura]. Provincia del Carchi. Universidad Politécnica Estatal del Carchi-Ecuador; 2016.

22. Ruiz J López; Sánchez J. Pérez; Alcalá JM López. La Participacion de las Zeolitas en la conservación de las Aguas. Revista AquaTIC, 2016, no 9.

23. Saengmee-anupharb S, Srikhirin T, Thaweboon B, et al. Antimicrobial effects of silver zeolite, silver zirconium phosphate silicate and silver zirconium phosphate against oral microorganisms. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2013;3(1):47-52.

24. Samiei M, Ghasemi N, Asl-Aminabadi N, Divband B, Golparvar-Dashti Y, Shirazi S. Zeolite-silver-zinc nanoparticles: Biocompatibility and their effect on the compressive strength of mineral trioxide aggregate. Journal of Clinical and Experimental Dentistry, 2017;9(3), e356–e360.

25. Saravanan M, Kumar A, Padmanabhan TV, Banu FViscoelastic properties and antimicrobial effects of soft liners with silver zeolite in complete dental prosthesis wearers: an in vivo study. Int J Prosthodont. 2015;28(3):265-9.

26. Shirtliff ME, Peters BM, Jabra-Rizk MA. Cross-kingdom interactions: Candida albicans and bacteria. FEMS Microbiol Lett. 2009;299:1-8.

27. Tamanai-Shacoori Z, Chandad F, Rébillard A, Cillard J, Bonnaure-Mallet M. Silver-Zeolite Combined to Polyphenol-Rich Extracts of Ascophyllum nodosum: Potential Active Role in Prevention of Periodontal Diseases. PLoS ONE, 2014; 9(10), e105475.

28. Thom DC, Davies JE, Santerre JP, Friedman S. The hemolytic and cytotoxic properties of a zeolite-containing root filling material in vitro. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003; 95:101-8.

29. Ye S., Sun J, Yi X, Wang Y, Zhang Q. Interaction between the exchanged Mn2+ and Yb3+ ions confined in zeolite-Y and their luminescence behaviours. Sci Rep. 2017 Apr 10;7:46219.

30. Zeng S, Ding S, Li S, Wang R, Zhang Z. Controlled growth of gold nanoparticles in zeolite L via ion-exchange reactions and thermal reduction processes. Inorg Chem Commun. 2014;47: 63-6.