

Análisis de la corrosión por pérdida de masa en una aleación para amalgama de alto contenido de cobre (Estudio *in Vitro*)

Karla Padrón¹, Marizoila Díaz¹, Gladys Velasco² y Eduvigis Solórzano^{2*}

¹Odontólogas. Facultad de Odontología, Universidad de Los Andes (ULA) Mérida.

²Laboratorio de Biología Celular y Molecular (LIBCEM), Facultad de Odontología, ULA, Mérida. E-mail: eduvigis@ula.ve, gvelasco@ula.ve

Resumen

Introducción: la amalgama dental es una aleación metálica indicada en restauraciones de cavidades dentales con gran efectividad. Por otra parte, la amalgama está en contacto directo con el medio bucal y tiene un alto potencial corrosivo que puede ser o no perjudicial al paciente. **Objetivo:** evaluar *In Vitro* el proceso de corrosión de restauraciones de amalgama de alto contenido de cobre a través del método de pérdida de masa. **Metodología:** consistió en inducir un proceso corrosivo en 20 restauraciones de amalgama de alto contenido de cobre *dispersalloy*, durante 11 semanas utilizando solución de NaCl 0,9% y Acido Acético 5%, subsiguientemente se determinó la corrosión aplicando el método de pérdida de masa. **Resultados:** se comprobó que hubo pérdida de masa en todas las muestras, con una velocidad de corrosión de $\pm 0,010$ gr/sem. La pérdida de masa reportada es directamente proporcional a la cantidad de porosidades presentes en la amalgama posterior al proceso corrosivo. **Conclusión:** la amalgama de alto contenido de cobre *dispersalloy* es susceptible a la corrosión inducida, produciéndose pérdida de masa por dilución de sus componentes en el medio corrosivo, sin presentarse película de pasivación.

Palabras clave: Amalgama dental, corrosión, método de pérdida de masa.

* Autor para correspondencia: Edificio del Rectorado. Calle 24 entre Avenidas 2 y 3 CP 5101, Teléfono-fax: +58 274-2402383.

Analysis of Corrosion due to Mass Loss in an Amalgam Alloy with high Copper Content (in Vitro Study)

Abstract

Introduction: dental amalgam is a metal alloy used to restore dental cavities with great effectiveness. On the other hand, dental amalgam has high corrosive potential that, in contact with the oral environment, could be detrimental for the patient. **Objective:** to evaluate, *In Vitro*, the corrosion process on a high copper dispersalloy dental amalgam using the mass loss method. **Methodology:** consisted of inducing a corrosive process in 20 high copper dispersalloy dental amalgam restorations during 11 weeks using NaCl 0.9% solution and Acetic Acid 5%; corrosion was then determined using the mass loss method. **Results:** findings showed that mass was lost in all samples, with a ± 0.010 gr/week corrosion speed. The reported mass loss is directly proportional to amalgam porosity after the corrosion process. **Conclusion:** the high copper dispersalloy amalgam is sensitive to corrosion induced by causing mass loss through dilution of the amalgam components in the corrosive environment without presenting passive film.

Key words: Dental amalgam, corrosion, loss mass method.

Introducción

Durante la historia, de la odontología, la amalgama ha sido el material restaurador por excelencia, sin embargo, presenta un alto grado de corrosión que puede o no ser beneficioso para el paciente. Son muchos los investigadores que en tal sentido, se han pronunciado. Los estudios más significativos comienzan en los años sesenta con Swartz y Phillips (1961-1962)^{1,2}, donde realizan una evaluación sobre la microfiliación de varios materiales y señalan que la amalgama tiene la inusual habilidad de autosellado en el tiempo. En 1967, Phillips³ atribuye esta habilidad de sellado al depósito de los productos de la corrosión en la interfase diente/restauración, que disminuyen la microfiliación. Asimismo, se determina que el principal atributo de las restauraciones de amalgama es la habilidad de sellar las paredes de la cavidad por los óxidos de la corrosión que combaten la microfiliación⁴.

Moberg y Oden en 1985⁵, señalan que el cambio microestructural observado en la amalgama corroída esta directamente relacionada a la cantidad de productos de corrosión emanados desde las amalgamas al medio al que estaban expuestas. Más tarde, otros autores demuestran que después de dos meses de estar las amalgamas inmersas en una solución de cloruro de sodio, la profundidad de la corrosión estuvo entre 50 y 400 μm , y que la microdureza marginal de todas las amalgamas estudiadas se redujo después de la corrosión⁶. Esta aseveración pudiese ser claramente explicada en vista de la potencialidad de corrosión que presenta el Cl⁻, ya que uno de los agentes que más afectan a la corrosión de metales en la atmósfera son los iones cloruro, por su capacidad de aumentar la velocidad de corrosión.

Hay estudios que reportan sucesos corrosivos, en especial en la amalgama convencional, por la susceptibilidad que experimenta la

misma, pero contrariamente a lo que pudiese pensarse la corrosión sólo es reportada en la superficie y la descarga de elementos producto de la corrosión disminuye a través del tiempo, en este análisis los investigadores concluyen que podría iniciarse un proceso de pasivación⁷; sin embargo, no se ha definido alguna relación entre los óxidos de la película pasiva y la estabilidad o no de la misma. La pasivación es un proceso fisicoquímicamente contrario al comportamiento de la amalgama en cavidad bucal ya que una aleación considerada pasiva se caracteriza por su comportamiento de metal menos activo, es decir estable, lo que explica que estas películas pasivas se comportan como una barrera evitando la difusión de productos al medio por el desplazamiento de moléculas de H₂O, retardando la velocidad de disolución anódica y envolviendo la hidratación de los iones metálicos, la pasividad entonces describe que la disolución de un metal es cinéticamente impedida a pesar de ser termodinámicamente esperable⁸.

Los estudios comparativos de diferentes tipos de aleaciones para amalgamas y su comportamiento durante el tiempo no han escapado a la evaluación de la corrosión, tal es el caso del estudio realizado por Ricker y Greener (1988)⁹, quienes evaluaron cuatro tipos de aleaciones para amalgama (*Tytin* de alto contenido de Plata, *Sybralloy* de alto contenido de cobre, *Valiant* de alto contenido de cobre de fase dispersa y *Dispersalloy* de alto contenido de cobre de fase dispersa), observándose que después de cuatro meses de colocada la restauración, se hizo clínicamente evidente la fractura marginal. Otros trabajos señalan que la amalgama esta sujeta a corrosión y deterioro en boca, demostrándose que el proceso corrosivo podría extenderse desde la superficie hasta el interior de la estructura de la amalgama, incluso los productos de la corrosión pue-

den penetrar profundamente en la restauración creando porosidad en la misma¹⁰.

De aquí que la evaluación del proceso de corrosión en la superficie de las amalgamas, requiere de técnicas que determinen lo más exactamente posible el inicio, propagación y susceptibilidad del material a sufrir corrosión, sin olvidar que el cálculo de la velocidad de corrosión se encuentra limitado al desconocer la fracción real de la superficie afectada. Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar la corrosión en una aleación para amalgama con alto contenido de cobre, utilizando el método de pérdida de masa.

Materiales y Métodos

Para este estudio se seleccionaron 20 premolares extraídos con fines terapéuticos, que fueron almacenados en agua destilada hasta comenzar el experimento. Los dientes fueron sometidos, durante 11 semanas, a un proceso de corrosión inducida. Para la determinación de la corrosión se utilizó el método gravimétrico¹¹, o de pérdida de masa; éste se ha empleado con mucho éxito por ser muy exacto, económico y de fácil aplicación.

Se realizaron preparaciones clase I para amalgama en las caras oclusales de cada diente, cada espécimen se mantuvo en un envase estéril con tapas. Los envases fueron rotulados con un número del 1 al 20 correspondiente a cada diente tratado.

Pesaje Inicial (P1): Posterior a la realización de las preparaciones se procedió a realizar el pesaje inicial de cada diente utilizando una balanza analítica Ohaus®, Mod. AS60 (Florham Park NJ, U.S.A.). Los valores (peso en gr) se asentaron en la planilla de registro. Luego se procedió a obturar cada diente con amalgamas de alto contenido de cobre de fase dispersa, marca Dispersalloy®, (*Densply Caulk*, U.S.A.), compuesta por: Ag 34,9%, Sn 8.9%, Cu 5.9%,

Zn 0.5% y Hg 49.8%, posteriormente los dientes obturados se almacenaron en su respectivo recipiente, a las 24 horas se procedió al pulido con copas abrasivas para amalgamas.

Pesaje Posterior a la Obturación (P2):

Cada uno de los dientes obturados se les realizó un segundo pesaje, utilizando la balanza analítica y bajo las mismas condiciones del pesaje inicial, los valores se asentaron en la planilla de registro.

Inducción del Proceso Corrosivo: Se agregó 30 ml. de solución corrosiva de cloruro de sodio al 0.9% y ácido acético al 5% (vinagre blanco de uso común) a una concentración del 50%, a cada uno de los envases que contenían los dientes obturados y se incubaron, sin tapa, en una estufa a 37°C, por un período de 11 semanas. Una vez por semana se verificaba el volumen de la solución y aspecto de las superficies dentarias y de las amalgamas.

Como se indicó en el párrafo anterior, la inducción de la corrosión se inició a una concentración al 50%; sin embargo, al transcurrir las primeras 3 semanas del experimento se comenzaron a observar cambios en la estructura dental, tales como: pérdida del brillo característico del esmalte y cambio de coloración a blanco tiza que corresponde a una posible desmineralización, probablemente debido a la acidez del medio, por lo que la proporción de ácido acético se redujo progresivamente, es decir, cada semana se cambiaba el medio y se preparaba una nueva solución disminuyendo la cantidad de ácido acético hasta la semana 8 cuando se mantuvieron los dientes inmersos sólo en cloruro de sodio, tal y como se observa en la Figura 1.

Pesaje Posterior a la Inducción de Corrosión (P3): Al finalizar el proceso de inducción de corrosión cada diente se lavó con agua destilada y fueron secados con papel absorbente para ser nuevamente pesados en la balanza analítica, los valores se asentaron en la misma planilla de registro.

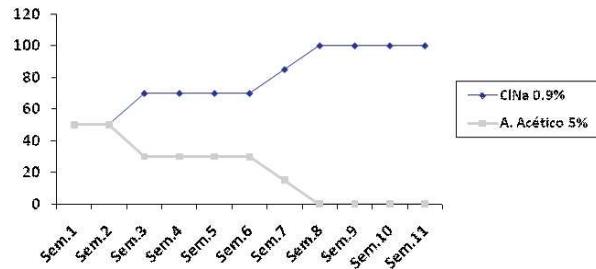


Figura 1. Representación gráfica de las concentraciones corrosivas agregadas en el tiempo (Valores expresados en %).

Resultados

Finalizada la fase experimental, se procedió a establecer la relación de los peso de la siguiente manera. → P1= Peso inicial con la preparación sin obturación

→ P2= P1+ Obturación Amalgama

→ P3= P2 ± La pérdida de masa

Por lo tanto, la masa total → Mt= P1+P2+P3

Esta derivación lleva a que la masa perdida

→ Mp= P2-P3

Por lo tanto se puede suponer que Mp es directamente proporcional a la cantidad de porosidades y defectos (Df), que pueden ser conseguidos en la estructura de la amalgama Mp Df, debido a que la superficie de la muestra inicial no fue idéntica a la superficie de la muestra final, permitiendo el cálculo aproximado de la pérdida del área superficial de la aleación. Considérese el sistema metal/electrolito, en este caso idénticamente al planteado la muestra (metal) debería tener un valor estable durante todo el experimento, los niveles de Fermi del metal deberían ser igual para poder entonces predecir la estabilidad electroquímica del metal en el medio expuesto.

Según la derivación descrita y sustituyendo los valores con los pesos obtenidos, se realizaron grupos de cinco dientes, consi-

guiendo que los gráficos de barras observados en las Figuras 2, 3, 4 y 5, permiten verificar claramente el aumento del valor de P2 posterior a la colocación de la amalgama en la cavidad preparada, la diferencia observada entre P1 y P3 demuestra que es directamente proporcional a la pérdida de peso, lo que demuestra que la posible desmineralización alcanzada por la presencia del ácido acético no fue significativa en peso, es decir, que la pérdida de masa observada es debida exclusivamente al proceso corrosivo experimentado por la amalgama.

En el cuarto grupo de dientes (Figura 5) se observa la pérdida total del espécimen N° 19 debido a que durante la manipulación de la muestra se fracturó la preparación; no obstante, el comportamiento del resto de las muestras sigue siendo igual a los grupos anteriores, pudiéndose observar el mismo patrón de pérdida de masa.

Según lo reportado en los gráficos y en la diferencia en los pesos hubo pérdida de masa sólo de la amalgama, ya que se evidenciaron cambios clínicos en todas las amalgamas, tales como: opacidad, irregularidades y pequeñas porosidades, perdiendo su aspecto uniforme; por otra parte, en las estructuras dentarias no hubo cambios significativos, únicamente se observó pérdida de brillo y color característico que fue recuperado al modificar la solución de inmersión. En este sentido, la posible desmineralización alcanzada por la presencia del ácido acético no fue significativa y la pérdida de masa fue debida al proceso de corrosión inducido que produjo la salida de ciertos iones de los metales que conforman la amalgama al medio. Aplicando a este proceso la ecuación de velocidad de corrosión $\rightarrow V_c = \pm 0,010 \text{ gr/sem}$.

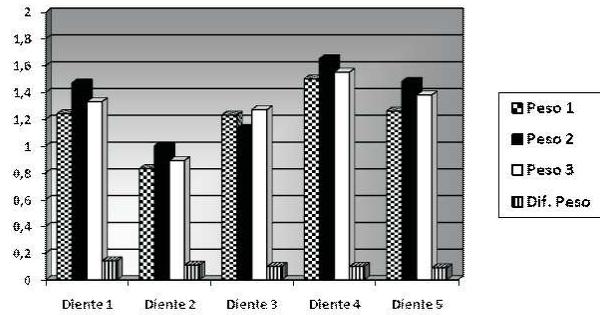


Figura 2. Histograma del primer grupo de dientes en estudio para la determinación de la pérdida de masa (valores expresados en gr).

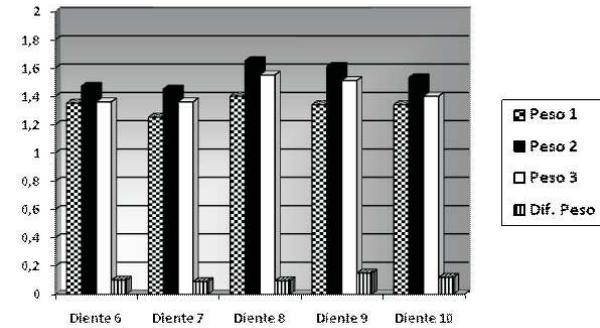


Figura 3. Histograma del segundo grupo de dientes en estudio para la determinación de la pérdida de masa (valores expresados en gr).

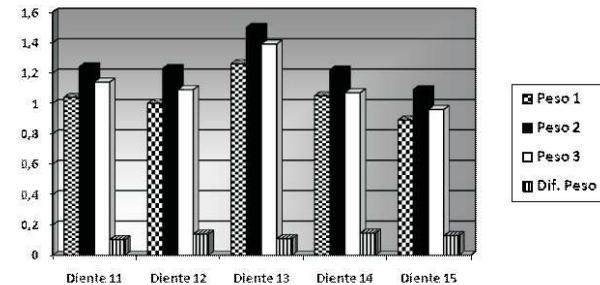


Figura 4. Histograma del tercer grupo de dientes en estudio para la determinación de la pérdida de masa (valores expresados en gr).

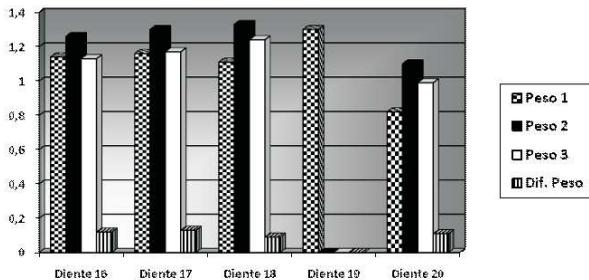


Figura 5. Histograma del cuarto grupo de dientes en estudio para la determinación de la pérdida de masa (valores expresados en gr).

Discusión

Los resultados indican que la amalgama de alto contenido de cobre es susceptible al proceso de corrosión inducido por presencia de cloruros. Tales cloruros tienen la capacidad de aumentar el potencial de superficie de los aceros inoxidable y las amalgamas haciéndolos más susceptibles al ataque corrosivo.

De acuerdo a Veleva *et al.* (2007)¹², el estaño (Sn) al estar sometido a corrosión forma una película de óxido de estaño, pero ésta permite la formación de óxidos no estables que reaccionan fácilmente con cloruros lo que interrumpe la capa de pasivación, esto concuerda con los resultados obtenidos en este estudio ya que hasta las once semanas de experimentación no se reportó la presencia de una capa pasiva, debido a que en el trayecto completo del experimento hubo disolución de la superficie de la aleación en la solución de inmersión.

En otro estudio¹³ se demostró que las películas de productos de oxidación tienen un valor importante en los procesos de corrosión, debido a su carácter protector, es decir, aumentará o disminuirá la velocidad de corrosión en un momento determinado. Para las pruebas sin agitación que realizaron Peña y Suarez (2006)¹³, se formó una capa de

óxido gruesa sobre la superficie metálica la cual bloquea la difusión de oxígeno, ocasionando velocidades de corrosión bajas; sin embargo, al inducir movimiento se disminuye el espesor de la capa generando un aumento en la velocidad de corrosión, en contraposición en este caso no se indujo ningún movimiento, tampoco se presentó ninguna capa de pasivación por lo que no hubo variación en la velocidad de corrosión, que al calcularla en el transcurso de las 11 semanas fue de $\pm 0,010$ gr/sem.

La pérdida de masa reportada en este estudio es directamente proporcional a la cantidad de porosidades presentes en la estructura de la amalgama posterior al proceso corrosivo y está estrechamente relacionada con el tiempo de exposición al medio corrosivo (velocidad de corrosión). Esto concuerda con la propuesta de Veleva *et al.* (2007)¹², quienes afirman que la pérdida de masa es directamente proporcional al tiempo de exposición. De igual manera, estos autores determinaron que con el tiempo de exposición los pitting (puntos de corrosión en la ruptura de la película de pasivación) continúan su desarrollo, aparecen nuevos pitting y se extienden tanto en área como en profundidad de la muestra. A pesar de que en nuestro experimento no se presentó capa de pasivación, la porosidad fue extendida desde la superficie hasta la profundidad en todas las muestras estudiadas.

Conclusiones

El estudio reportado demuestra que la amalgama de alto contenido de cobre es susceptible al proceso de corrosión inducido por presencia de cloruros.

La pérdida de masa reportada es \pm la diferencia de pesos, lo que demuestra que el proceso corrosivo presenta una velocidad que debe ser tomada en cuenta en estudios sucesi-

vos, en vista que $\pm 0,010$ gr/sem puede alterar gravemente la estructura y por ende pudiese alterar la interfase diente/restauración.

Hasta las once semanas estudiadas no se reportó la presencia de una capa pasiva, ya que en el trayecto completo hubo disolución de la superficie de la aleación.

Agradecimiento

Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Universidad de Los Andes (CDCHT-ULA) Mérida-Venezuela. O-210-07-07-F.

Referencias

1. Swartz ML, Phillips RW. In vitro studies on the marginal leakage of restorative materials. *Journal of the American Dental Association* 1961; 62:141-51.
2. Swartz ML, Phillips RW. Influence of manipulative variables on the marginal adaptation of certain restorative materials. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1962; 12:172-80.
3. Phillips RW. Skinner & Phillips' Essentials of Dental Materials. 1967. WB Saunders Corporation Philadelphia and London. 6th Ed., p. 299.
4. Gilmore HW, Lund MR, Bales DJ, Verneti JP. *Operative Dentistry*. 1982. St. Louis C.V. Mosby Co, 4th Ed.
5. Moberg LE, Odén A. The microstructure of corroded amalgams. *Acta Odontol Scand* 1985; 43(3): 179-90.
6. Patsurakos A, Moberg LE. Marginal microhardness of corroded amalgams: a comparative in vitro study. *Scand J Dent Res* 1990; 98(4): 326-35.
7. Moberg LE, Johansson C. Release of corrosion products from amalgam in phosphate containing solutions. *Scand J Dent Res* 1991; 99(5): 431-9.
8. Villullas HM, Ticianelli EA, Macagno VA, González ER. *Electroquímica Fundamentos y Aplicaciones*. Editorial Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. 2005, p.167-75
9. Ricker JB, Greener EH. Early observations and three-year clinical evaluation of four amalgam alloys. *Oper Dent* 1988; 13(3): 119-27.
10. Reese JA, Valega T. *Restorative Dental Materials: An Overview*, Vol.1. 1985. Guildford, Surrey, UK: Quintessence Publishing Company, Ltd., p. 1-331.
11. Tres G, Saborío EA, Ajún LR, Arias A, Rodríguez A, Bravo O, Malo JM. Online Monitoring of Corrosion in a Liquid-Steam Line Pipe of the Miravalles Geothermal Field. *Portugaliae Electrochimica Acta* 2008. 26: 101-116.
12. Veleva L, Dzib L, González J, Pérez T. Initial Stages of indoor atmospheric corrosion of electronics contact metals in humid tropical climate: tin and nickel. *Revista de Metalurgia* 2007. 43(2): 101-10.
13. Peña DY, Suárez MT. Evaluación de la corrosión en un sistema O2-salmuera-acero AISI 102 por medio de la celda de impacto. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* 2006. 37: 141-54.