

Aplicación del aceite esencial de *Citrus aurantifolia* swingle "limón" como disolvente de amalgama dentaria *in vitro*

Application of the essential oil of *Citrus aurantifolia* swingle "lemon" as a solvent of dentaria amalgama *in vitro*

Gustavo Emilio Moreno Quispe^{1*}; Noé Costilla Sánchez²

¹Facultad de Ciencias, Dpto. Acad. de Física. Universidad Nacional de Piura. Urb. Miraflores S/N.

²Facultad de Ingeniería Química, Dpto. Acad. de Química, Universidad Nacional de Trujillo, Juan Pablo II S/N. Trujillo

* Autor Correspondiente: gumoqui811@hotmail.com (G. Moreno)

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo, preparar la amalgama, caracterizarlo y aplicar el aceite esencial a una muestra de amalgama *in vitro*. Para la caracterización se realizaron análisis por difracción de rayos X, absorción atómica, emisión atómica y aplicación del aceite esencial. La difracción de rayos X, mostraron en forma cualitativa que la amalgama está compuesta de sales: Cu_6Sn_5 , $\text{Al}_3\text{Cu}_{12}\text{Sn}$, BaO , KO , BiO_3 , Ag_2Hg_3 . La absorción atómica permitió identificar y cuantificar los elementos químicos tales como: Hg , Ag , Cu , Zn , K y otros elementos. La emisión atómica, fue aplicada a dos muestras de amalgama, obteniéndose los elementos químicos promedios: Ni , CO , K , Ca , Cu , As , Zn , Al , Mn , Ag , Pb , Bi , Cd , Mg . El análisis estadístico "t" de Student mostró que no existían diferencias significativas entre los métodos utilizados. La amalgama, se preparó en un mortero adicionando mercurio líquido con una mezcla de plata, zinc, cobre. La amalgamación finalizó cuando se obtuvo una coloración mate brillante. La amalgama fue removida sin dificultad con el uso del aceite esencial de limón, para un tiempo de inmersión de 2 minutos se obtuvieron las siguientes concentraciones promedios: Hg (259,65 ppm), Ag (346,21 ppm), Cu (163,11 ppm) y Zn (6,30 ppm) respectivamente.

Palabras clave: Limón; Amalgama; Difracción; Mercurio; Espectrofotómetro;

ABSTRACT

The objective of this work is to prepare the amalgam, characterize it and apply the essential oil to an amalgam sample *in vitro*. For the characterization, X-ray diffraction analysis, atomic absorption, atomic emission and application of the essential oil were carried out. X-ray diffraction showed qualitatively that the amalgam is composed of salts: Cu_6Sn_5 , $\text{Al}_3\text{Cu}_{12}\text{Sn}$, BaO , KO , BiO_3 , Ag_2Hg_3 . The atomic absorption allowed to identify and quantify the chemical elements such as: H_g , A_g , C_u , Z_n , K and other elements. The atomic emission was applied to two samples of amalgam, obtaining the average chemical elements: Ni , CO , K , Ca , Cu , As , Zn , Al , Mn , Ag , Pb , Bi , Cd , Mg . The statistical analysis "t" of Student showed that there were no significant differences between the methods used. The amalgam was prepared in a mortar by adding mercury liquid with a mixture of silver, zinc, copper. The amalgamation ended when a brilliant matt coloration was obtained. The amalgam was removed without difficulty with the use of lemon essential oil, for a time of immersion of 2 minutes the following average concentrations were obtained: Hg (259.65 ppm), Ag (346.21 ppm), Cu (163, 11 ppm) and Zn (6.30 ppm) respectively.

Keywords: Lemon; Amalgam; Diffraction; Mercury; Spectrophotometer.

1. INTRODUCCION

La amalgama dentaria es un material muy antiguo que ha sido empleado en la restauración de las piezas dentarias ocasionada por la caries. La amalgama es un material muy empleado para la obturación, por ser

eficaz, y de fácil manejo, su empleo fue muy cuestionado debido a la toxicidad del mercurio en la salud y en el medio ambiente (Taut, 2015).

La amalgama dentaria es una combinación de mercurio y otros metales tales como: Plata, Zinc, cobre. En odontología fue empleado hace más de 150 años para tratar la picadura dental. La amalgama es un material rígido, persistente y plástico para adaptarse a la forma de la cavidad, se endurece rápidamente. No obstante se ha mencionado que el mercurio presente en la amalgama es peligroso para la salud (CCRSM, 2008).

El mercurio es un elemento químico metálico, de color plateado brillante denominado Bermellon, azogue existiendo en la naturaleza en distintas formas químicas. El azogue es un metal tóxico que se disipa poco a poco (CCRSM, 2008).

Las amalgamas dentales es un material de restauración en odontología, se prepara adicionado mercurio líquido con pequeñas sales de plata, estaño, cobre y zinc. La amalgama tiene una consistencia de una masilla que puede ser moldeado en el interior de las cavidades, de modo que tome la forma adecuada para su retención. La amalgama se endurece poco a poco. Durante la transformación, el mercurio sobrante es retirado. La amalgama se endurece poco a poco, dando lugar a un empaste compacto en la cavidad bucal que dura muchos años (CCRSM, 2008).

La composición de la amalgama dentaria, se basa en una mezcla de partículas sólidas que contiene plata, estaño y cobre con mercurio líquido de 40 – 50 %, lo cual permite mezclarse con la plata y estaño en menores concentraciones. Las amalgamas dentales se endurecen más rápidamente que otros materiales (Kopperud, 2012).

La amalgama es un material usado por los odontólogos para curar las picaduras dentales, y se obtienen de mezclar mercurio líquido con sales como cobre, zinc, plata, estaño y oro. Su presentación comercial es en forma de cápsulas (Batista, et al, 2011).

Las amalgamas dentarias son materiales que se comercializan en el mercado en forma de cápsulas que contiene 400 mg de polvo de aleación y 350 – 420 mg de mercurio líquido. Los materiales se encuentran separados en el interior de la cápsula. La amalgama es muy utilizado por ser de fácil manipulación, bajo costo y durabilidad

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Materiales

- Capsulas de amalgamas
- Aceite esencial de limón
- Balanza analítica: SARTORIUS 2942, sensibilidad 0,0001
- Difractómetro de rayos X Bruker D8 Advance
- Espectrofotómetro de absorción atómica (AA) Perkin Elmer 900 F
- Espectrómetro de emisión atómica (ICP)

2.2 Metodología

2.2.1 Preparación de la amalgama dentaria

Se colocó primero en el mortero el mercurio líquido, porque es más difícil de dominar, después se agregó la aleación metálica y se procedió a la amalgamación, se realizó con el mortero y el pistilo. La amalgamación finalizó cuando la amalgama quedó adherida a las paredes del mortero, presentando una coloración mate brillante.

2.2.2 Difracción de rayos X.

La muestra de amalgama dental, fueron llevadas al laboratorio de la Universidad privada Antenor Orrego (LABINM), para determinar su composición química mediante difracción de rayos x, con el Difractómetro Bruker *D8 Advance Eco*.

La DRX es una técnica experimental muy importante que permite conocer la estructura cristalina de sólidos, identificar materiales desconocidos, así como determinar la orientación de monocristales, defectos, etc. En difracción de rayos X un haz colimado de rayos X con una longitud de onda entre 0,7 y 2 Å incide en la

muestra y es difractado por la estructura cristalina de acuerdo a la ley de Bragg. La DRX es no destructiva y no requiere preparación de la muestra elaborada, razón por la cual es ampliamente usada en la caracterización de materiales. Una de las desventajas que presenta este método es la baja intensidad de la difracción de los rayos X. Debido a esto la DRX generalmente requiere muestras grandes, y la información adquirida es un promedio sobre el total del material de muestra (Zhong, 2004).

La muestra de amalgama dentaria fue pulverizada para poder analizarla. Las muestras con distinta morfología pueden presentar variaciones en el difractograma debido a su textura, tamaño de grano y acomodo en la porta muestras. Mediante difracción de rayos X se analizó la muestra de amalgama dentaria previamente preparada. Los difractogramas de rayos X fueron tomados a temperatura ambiente.

2.2.3 Espectroscopía de absorción atómica (AA)

La muestra de amalgama dentaria, fue llevada al laboratorio de métodos instrumentales de la Universidad Nacional de Trujillo, para su determinación de su composición química mediante Absorción atómica modelo Perkin Elmer.

La espectroscopia de **absorción atómica** (a menudo llamada espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy) es un método instrumental de la química analítica que permite medir las concentraciones específicas de un material en una mezcla y determinar una gran variedad de elementos.

Para la determinación de **Hg, Ag, Cu, Zn y K**, en una solución de amalgama dentaria por absorción atómica se procedió de la siguiente manera:

- ❖ Se pesó 0,7075 g de la muestra de amalgama y se le adicionó 15 mL de H_2SO_4 cc., a la temperatura ambiente.
- ❖ Cuidadosamente a la solución se le adicionó 0,5 mL de H_2O_2 cc.
- ❖ Después de 15 minutos otra vez se le adicionó 0,5 mL de H_2O_2 cc, dejándolo reposar por espacio de 3 días.
- ❖ Posteriormente se calentó la solución a una temperatura de 200°C por 1 hora y luego se le dejó enfriar hasta la temperatura del medio ambiente.
- ❖ La solución de amalgama se aforó en una fiola de 100 mL con agua destilada.
- ❖ Se preparó el estándar de cada metal a determinar.
- ❖ Luego se determinó las concentraciones con su respectiva longitud de onda de los elementos: **Hg, Ag, Cu, Zn y K** presente en la solución amalgama dentaria.

2.2.4 Espectrometría de emisión atómica (ICP)

La solución de amalgama dentaria, fue llevada al laboratorio de análisis químico de la escuela de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional de Trujillo, para su determinación de su composición química mediante la técnica de espectroscopia de emisión con fuente de Plasma de acoplamiento Inductivo (ICP),

La espectrometría de emisión atómica, es una técnica espectroscópica que analiza las longitudes de onda de los fotones emitidos por los átomos o moléculas durante su transición desde un estado excitado a un estado de inferior energía. Cada elemento emite un conjunto característico de longitudes de onda discretas en función de su estructura electrónica. Mediante la observación de estas longitudes de onda puede determinarse la composición elemental de la muestra (Skoog,2014). Para la determinación de **los elementos químicos** en una solución de amalgama dentaria por emisión atómica basada en la atomización con plasma (ICP), se procedió de la misma manera para la **absorción atómica**.

2.2.5 Prueba Estadística

El análisis Estadístico de los datos obtenidos en la caracterización de la amalgama dentaria por los métodos de emisión atómica y absorción atómica, se realizó mediante la prueba “t” de Student de muestras emparejadas, para ello se utilizó una hoja de cálculo en Excel, para evaluar si existía diferencia entre los métodos.

2.2.6 Aplicación del aceite esencial de limón en amalgama dentaria in vitro

Los solventes orgánicos han sido usados desde hace mucho tiempo atrás como método auxiliar o principal para la remoción de la amalgama dental, considerándoseles como la sustancia química más efectivas para disolver el relleno de material endodóntico. El cloroformo y el xileno son dos solventes comúnmente usados, pero la USFOOD ADMINISTRATION prohíbe el uso de cloroformo debido a su potencial carcinogénico. Por el contrario, el xileno está disponible actualmente para su uso clínico, y no es considerado carcinogénico,

aunque resulta ser muy tóxico para los tejidos (Spangberg, 1993). Para la aplicación del aceite esencial de limón sutil, en una muestra de amalgama se utilizó el método siguiente:

- ❖ Se pesó en cada tubo de ensayo de vidrio 0,05 g de amalgama dentaria. (6tubos).
- ❖ Luego se agregó 50 μL de aceite esencial de limón sutil en cada tubo de ensayo. Los tres primeros tubos de ensayos se agitaron por un tiempo de 1 minuto en el equipo Vortex; los tres restantes se agitaron por un tiempo de 2 minutos y así sucesivamente hasta los 5 minutos.
- ❖ Posteriormente se le adicionó 10 mL de éter de petróleo a cada muestra, se filtraron y se transfirieron a vasos de precipitación de 50 mL respectivamente.
- ❖ Los 6 vasos de precipitados fueron colocados en una plancha eléctrica hasta sequedad, luego se le agregó 0,5 mL de ácido nítrico concentrado y unos chorros de agua destilada, dejamos los vasos en la plancha durante un tiempo de 10 minutos aproximadamente.
- ❖ A continuación, vertemos el líquido a un tubo de ensayo de plástico y aforamos con agua destilada hasta un volumen de 14 mL.
- ❖ Finalmente se llevan las soluciones de las respectivas muestras a leer en el espectrofotómetro de absorción atómica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Difracción de rayos X(DRX).

En la figura 1, se muestra el difractograma de la amalgama dentaria, analizada por difracción de rayos x *Bruker D8 Advance Eco*.

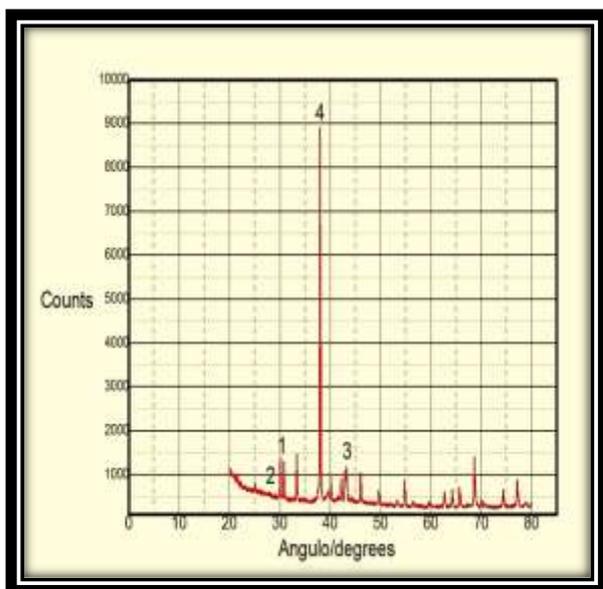


Figura 1. Difracción de amalgama dentaria

En la tabla N°1 se muestra los resultados de la amalgama dentaria analizada por difracción de rayos x., en forma de sales.

Tabla 1. Resultados de la amalgama dentaria en forma de sales

Pico	Angulo	Color	Sales
1	30°	Azul	Cu ₈ Sn ₅
2	28°	Verde	BaKOBiO ₃
3	43°	Rosado	Al ₃ Cu ₁₂ Sn
4	38°	Rojo	Ag ₂ Hg ₃

3.2 Absorción atómica

En la tabla 2, se muestran los resultados de la absorción atómica de la amalgama dentaria, donde se indican las concentraciones, absorbancia de los de los estándares, así como el resultado de los metales más significativos presentes en la solución de la amalgama dentaria.

Tabla 2. Resultados de absorción atómica de la amalgama dentaria

N	Elementos	Resultados (%)	Estándar (mg/L)	Absorbancia (Estándar)
1	Hg	27,51	20,00	0,05
2	Ag	49,06	4,00	0,14
3	Cu	12,13	1,00	0,14
4	Zn	0,00	1,00	0,51
5	K	0,00	2,00	0,88

3.3 Emisión atómica

Se encuentra en la tabla 3, los resultados de los análisis de amalgama dentaria por emisión atómica basada en la atomización con plasma (ICP-OES) para dos muestras de solución en porcentaje.

Tabla 3. Emisión atómica de la amalgama dentaria

N	Elementos	Muestra		Muestra	
		1(ppm)	%	2(ppm)	%
1	Na	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ni	0,48	0,03	0,43	0,03
3	Co	1,03	0,12	1,73	0,12
4	K	1,94	0,14	1,69	0,12
5	Fe	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Ca	5,04	0,35	10,92	0,77
7	Cu	812,57	57,19	810,44	57,00
8	As	0,00	0,00	0,00	0,00
9	Zn	0,92	0,06	1,17	0,08
10	Al	1,42	0,10	1,28	0,09
11	Mn	0,67	0,05	0,67	0,00
12	Ag	530,50	37,34	529,33	37,25
13	Pb	8,10	0,57	7,73	0,54
14	Bi	56,25	3,96	55,23	3,89
15	Cd	0,47	0,03	0,43	0,03
16	Mg	0,85	0,06	0,71	0,05
		1420,87	100,00	1421,06	100,00

3.4 Análisis Estadístico

Los resultados del análisis estadístico obtenido, se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Variable 1	Variable 2
Media	236.8153	166666.667
Varianza	122165.8884	3.54E+10
Observaciones	6	6
Coefficiente de correlación de Pearson	0.3966	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	5	

	Variable 1	Variable 2
Estadístico t	-2.1672	
P(T<=t) una cola	0.0412	
Valor crítico de t (una cola)	2.015	
P(T<=t) dos colas	0.0824	
Valor crítico de t (dos colas)	2.5705	

3.5 Aplicación del aceite esencial de limón en amalgama dentaria

En tabla 5, se muestra los resultados de la aplicación del aceite esencial a dos muestras de amalgama dentaria para los tiempos de: 1, 2, 3, 4 y 5 minutos respectivamente.

Tabla 5. Resultados de la aplicación del aceite esencial de limón para dos muestras de amalgama dentaria a diversos tiempos

Tiempo	MUESTRA	PESOS (g)	METALES (ppm)				VOLUMEN (mL)
			Hg	Ag	Cu	Zn	
1 minuto	W1	0,0543	26,90	110,86	78,38	4,89	14
	W2	0,0505	26,89	117,62	78,69	4,54	14
	\bar{x}	0,0524	26,90	114,24	78,54	4,72	14
2 minutos	W1	0,0531	259,70	323,24	164,26	6,59	14
	W2	0,0501	259,60	369,18	163,11	6,01	14
	\bar{x}	0,0511	259,65	346,21	163,68	6,30	14
3 minutos	W1	0,0521	76,31	91,09	26,53	15,05	14
	W2	0,0515	76,04	89,71	26,45	14,98	14
	\bar{x}	0,0518	76,18	90,40	26,49	15,01	14
4 minutos	W1	0,0552	60,88	117,68	44,38	29,93	14
	W2	0,0533	61,99	116,72	46,15	33,36	14
	\bar{x}	0,0527	61,43	117,20	45,27	31,64	14
5 minutos	W1	0,0509	7,28	94,34	43,18	37,41	14
	W2	0,0548	7,92	83,54	46,50	40,98	14
	\bar{x}	0,0528	7,60	88,94	44,84	38,98	14

W1, W2: Pesos de muestras \bar{x} : Promedios de pesos

La difracción de rayos X, fue realizado para conocer la composición química de los minerales que están presentes en la amalgama dentaria. Los resultados se muestran en la tabla N°1, donde muestran que las sales de Ag_2Hg_3 y Cu_6Sn_5 están presentes en mayores cantidades. Las sales obtenidas proporcionan información de los elementos químicos presentes en la muestra de amalgama analizada. En la figura 1 se presenta el difractograma de rayos X para la amalgama dentaria donde se observan 4 picos, los cuales tienen su máximo en $2\theta = 30^\circ, 28^\circ, 43^\circ, 38^\circ$ respectivamente.

Los resultados de la muestra de amalgama dentaria caracterizada por absorción atómica mostraron los siguientes resultados: Hg (27,51%), Ag (49,06%), Cu (12,13%), Zn (0,0032%), K (0,0024%) y 11.3% de otros elementos químicos. La amalgama utilizada en esta investigación se conoce como amalgama de plata por encontrarse en mayor porcentaje (49,06%).

La amalgama de plata es una aleación de color gris metálico que se ha utilizado para restaurar superficies dentales cariadas por más de 150 años [Nairi, 2008]. Actualmente está compuesta por mercurio líquido (50%), plata (35%), cobre (2%), estaño (13%) y en ocasiones se le añade zinc. Antes de llegar a las proporciones actuales de los componentes de la amalgama, esta aleación pasó por diferentes modificaciones. Louis Regnart, conocido como el “padre de la amalgama” adicionó a las aleaciones que se utilizaban como restauración un cemento mineral y mercurio, reduciendo así la temperatura de estos materiales a la hora de ser vertidos sobre las cavidades de los dientes (Brackett, 1999).

La Espectrometría de emisión atómica (ICP), es un muy poderoso método para determinar, tanto de forma simultánea como secuencial, elementos traza en disolución. La técnica ICP, fue aplicada a dos muestras en

solución de amalgama dentaria, obteniéndose los elementos químicos en la primera solución: Na(0,00 ppm), Ni (0,477ppm), CO (1,703 ppm). K (1,942ppm), Fe(0,000ppm), Ca (5,036ppm), Cu (812,570ppm), As (0,000ppm), Zn (0,915ppm), Al (1,422ppm), Mn (0,674ppm), Ag (530,490ppm), Pb (8,082ppm), Bi (56,252ppm), Cd (0,473ppm), Mg (0,852ppm). En la segunda solución se obtuvieron: Na(0,000 ppm), Ni (0,427ppm), CO (1,733 ppm). K (1,691ppm), Fe(0,001ppm), Ca (10,915ppm), Cu (810,437ppm), As (0,000ppm), Zn (1,174ppm), Al (1,262ppm), Mn (0,669ppm), Ag (529,325ppm), Pb (7,732ppm), Bi (55,226ppm), Cd (0,428ppm), Mg (0,706ppm). Realizado las comparaciones de las dos soluciones, se pudo constatar que son similares en concentraciones.

Como se puede ver en la tabla 6, el valor “t” de Student obtenido fue -2,1672. El valor de “t” crítico para 5 grados de libertad, con un nivel de confianza de 0,005 es de 2,5705. En este caso, como -2,1672 es menor que 2,5705, entonces no existen diferencias significativas entre los métodos utilizados.

De las tres caracterizaciones, se pudo comprobar que la técnica por absorción atómica es la más adecuada para determinar la composición química de la amalgama dentaria, ya que las dos técnicas realizadas: difracción de rayos X y emisión atómica, no se pudo determinar la composición del Hg.

La amalgama dentaria puede ser removida sin mayor dificultad con el uso del aceite esencial de limón. Para un tiempo de inmersión de 2 minutos se obtuvieron las siguientes concentraciones: Hg (259,67 ppm), Ag (396,21 ppm), Cu (285,64 ppm) y Zn (9,30 ppm) respectivamente. El uso de aceites esenciales como el aceite de limón en endodoncia está creciendo, debido a su probada seguridad, biocompatibilidad y no carcinogenicidad (Kaplowitz, 2000). La elección de un solvente ideal para retratamientos endodónticos requiere el establecimiento de un balance entre el nivel de seguridad clínica, el nivel de agresión a los tejidos, y la capacidad química de disolución (Pineda, 2011).

4. CONCLUSIONES

Dentro de la importancia de esta investigación *in vitro* se llegó a la siguiente conclusión:

De las tres caracterizaciones, se pudo comprobar que la técnica por absorción atómica es la más adecuada para determinar la composición química de la amalgama dentaria *in vitro*, las caracterizaciones realizadas por difracción de rayos X y emisión atómica, no se pudo determinar el % de Hg en la amalgama dentaria *in vitro*.

La prueba “t” de Student de muestras emparejadas, para los métodos de emisión atómica y absorción atómica fue -2,1672. El valor de “t” crítico obtenido es 2,5705 para 5 grados de libertad, con un nivel de confianza de 0,005. En este caso, como 2,1672 es menor que 2,5705, entonces no existen diferencias significativas entre los métodos utilizados.

Mediante la caracterización por absorción atómica destacan los siguientes elementos químicos: Hg (27,61%), Ag (49,06%), Cu (12,13%), Zn (0,0032%) y K (0,0024%).

La amalgama dentaria *in vitro*, puede ser removida sin mayor dificultad con el uso del aceite esencial de limón. Para un tiempo de inmersión de 2 minutos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batista de Faría, N.; Etchebehere, L.; Guerreiro, J.; Camargo, F.; Tanomaru, M. 2011. Effectiveness of three solvents and two associations of solvents on guttapercha and resilon. *Braz Dent J.* 22(1):41-4. Recuperado el 16 enero del 2018; Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/bdj/v>
- Brackett, W. 1999. Amalgama dental: revisión de literatura y estado actual. *Revista ADM.* LVI (3):113-117.
- CCRSM. 2008. Comité Científico de los Riesgos sanitarios y medioambientales de la comisión Europea. Recuperado el 30 de junio del 2018. Disponible en: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/docs/citizens_dental_amalgam2_es.pdf
- Kaplowitz, G. 2000. Evaluation of the ability of essential oils to dissolve gutta- percha. *J Endod.* 17(9):448-9.
- Kopperud, SE.; Tveit, AB.; Gaarden, T.; Sandvik, L. 2015. Espelid I. Longevity of posterior dental restorations and reasons for failure. *Eur J Oral Sci.* 2012; 120(6):539-48.
- Pineda, M.; Palacios, E.; Terán, L.; Nuñez, M.; Gloria, W.; Abuhadba, T. 2015. Evaluación *in vitro* de tres solventes de gutapercha. *Odontol San máquina.* Recuperado el 10 enero 2018. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/199500309/aceites-escenciales>.
- Skoog, D. 2014. “Fundamentos de química analítica”. 9ª Edición. Editorial: Cengage Learning. 796-98.

- Spangberg, L. 1980. Biologic effects of dental materials. I. Toxicity of root canal filling materials on HeLa cells in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 35(3):402-14.
- Taut, C. 2014. Dental amalgam: is this the end?. *J Ir Dent Assoc*; Recuperado el 25 de enero del 2018.
Disponible en: <https://www.lenus.ie/hse/handle/>
- Zhong, G. 2004. “Nanostructure & nanomaterials synthesis, properties & applications”. Imperial College Press.