

MANEJO ADECUADO DE DESECHOS TÓXICOS EN ODONTOLOGÍA (METALES PESADOS E INSUMOS RADIOGRÁFICOS):

una responsabilidad profesional



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA



Iván Maceda Mejías
Laura Patricia Sáenz Martínez
Sandra Luz Morales Estrella
Gilberto Vela Correa

Manejo adecuado de desechos tóxicos en odontología (metales pesados e insumos radiográficos): una responsabilidad profesional

Iván Maceda Mejías | Laura Patricia Sáenz Martínez |
Sandra Luz Morales Estrella | Gilberto Vela Correa



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA



RECTOR GENERAL
Dr. Eduardo Abel Peñalosa Castro
SECRETARIO GENERAL
Dr. José Antonio de los Reyes Heredia

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA-XOCHIMILCO

RECTOR
Dr. Fernando de León González
SECRETARIA
Dra. Claudia Salazar Villava

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DIRECTOR
Mtro. Rafael Díaz García
SECRETARIA ACADÉMICA
Dra. Leonor Sánchez Pérez
JEFA DEL PROGRAMA EDITORIAL
Lic. Zyanya Patricia Ruiz Chapoy

COMITÉ EDITORIAL
M. en C. Dorys Primavera Orea Coria
Dr. Edgar Jarillo Soto
Dr. Ernesto Sánchez Mendoza
Dr. José Alfredo Arévalo Ramírez
Dr. José Arturo Granados Cosme
Dra. María Angélica Gutiérrez Nava
Dra. Patricia Castilla Hernández
Dr. Román Espinosa Cervantes

“Manejo adecuado de desechos tóxicos en odontología (metales pesados e insumos radiográficos):
una responsabilidad profesional”
Primera edición: 2018
ISBN: 978-607-28-1367-0

D.R. © UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Xochimilco
Calzada Del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Del. Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México,
Tel.: 5483 7000 ext. 3783.

Hecho en México

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Académico de la Maestría en Ecología Aplicada y a sus profesores, al Laboratorio de Edafología y Absorción Atómica del Departamento El Hombre y su Ambiente; a la Coordinación de la Licenciatura en Estomatología; a la Coordinación de los Laboratorios de Diseño y Comprobación Estomatológicos (LDC); a las personas que hacen posible la operación de los LDC; pero ante todo a los alumnos de estomatología, por expresar sus puntos de vista sobre este tema y mostrar una actitud positiva ante la importancia que se debe generar respecto al cuidado ambiental. Se agradece especialmente a los Licenciados en Diseño de la Comunicación Gráfica Renata Hernández Sánchez y Oscar Maceda Mejías, quienes realizaron el diseño de las imágenes contenidas en el presente manual; a los Licenciados en Comunicación Social Arturo Avendaño Villa y Ulises Chávez Pacheco, por su orientación en la comunicación efectiva de las ideas plasmadas; al Dr. Vicente Gabriel Zepeda Barrios, por su amable apoyo en la corrección de estilo; a todas las personas que se han involucrado en este proyecto, y finalmente a la Madre Tierra que nos permite vivir, amar y soñar en su regazo.

Índice

Presentación	8
1. Introducción	9
2. Metales pesados	12
2.1. Plata	12
2.2. Cobre	13
2.3. Mercurio	13
2.4. Zinc	14
2.5. Estaño	14
2.6. Plomo	15
3. Metales pesados en la práctica odontológica	16
3.1. Amalgama dental, sus componentes y su manipulación	16
3.2. Cementos odontológicos con zinc	19
3.2.1. Cemento de óxido de zinc-eugenol	19
3.2.2. Cemento de fosfato de zinc ($ZnPO_2$)	20
3.2.3. Cemento de policarboxilato de zinc	20
3.2.4. Pasta zinquenólica	21
3.2.5. Otros cementos compuestos de zinc	21
3.3. Material radiográfico	21
4. Efectos a la salud causados por los metales que contienen los materiales básicos de uso odontológico	27
4.1. Daños a la salud por mercurio	27
4.2. Daños a la salud por plata	28
4.3. Daños a la salud por estaño	29
4.4. Daños a la salud por cobre	30
4.5. Daños a la salud por zinc	30

4.6	Daños a la salud por plomo	31
4.7	Formación de compuestos orgánicos e inorgánicos dañinos para la salud	31
5.	Contribución de la práctica odontológica en la contaminación del ambiente	34
5.1.	La relación que hay entre los metales pesados y las cadenas tróficas	35
5.2.	Metales pesados y los cuerpos de agua contaminados por los mismos	37
6.	Normatividad y legislaciones sobre contaminación asociada a la práctica odontológica	39
7.	Manejo de los desechos tóxicos	46
7.1.	Manejo de los residuos de amalgama	46
7.2	Manejo de los residuos de cementos	49
7.3.	Manejo del material sedimentado en el sistema de eyección	53
7.4	Manejo del desecho de los componentes del material radiográfico	54
7.5.	Manejo de los residuos de los líquidos radiográficos	56
7.6	Manejo de radiografías insatisfactorias o que hayan cumplido más de cinco años en los expedientes de los pacientes	58
7.7.	Etiquetado de los contenedores de residuos	58
8.	Relevancia del manejo adecuado de estos desechos de acuerdo con datos estadísticos	61
8.1.	Relevancia del manejo de los residuos tóxicos en la atención a la salud bucal en México	61
8.2	Relevancia del manejo de los residuos tóxicos en atención a la salud bucal en la escala internacional	62
9.	Recomendaciones	64
10.	Conclusiones	66
11.	Bibliografía	67

Presentación

En la actualidad, uno de los problemas más urgentes por resolver se encuentra en la dimensión ambiental y el campo de la odontología no es una excepción en este corolario que se presenta en todas las actividades humanas. Específicamente, en el presente documento se atiende a la responsabilidad vinculada con esta problemática, en lo que corresponde a los procedimientos que deben llevarse a cabo con los residuos tóxicos, de manera cuidadosa y consecuente con el fin de disminuir el impacto ambiental relacionado con la práctica odontológica. Es por esta razón que en el presente manual se indica y sugiere la manera adecuada para manipular y ejecutar el procedimiento de los residuos de materiales dentales que contienen metales pesados y que son de uso cotidiano en la práctica odontológica general, así como imprescindibles en las actividades de apoyo al diagnóstico, como lo es el uso de las radiografías dentales y de los líquidos radiográficos, acciones que son necesarias en todas las especialidades odontológicas. Este manual está dirigido a profesionistas, profesores y especialmente a los alumnos que estudian y ejercen la práctica odontológica, con el fin de difundir esta problemática y sus consecuencias al desechar los materiales dentales que contienen metales pesados, así como reconocer los fenómenos en el ambiente que marcan la pauta para un mejor manejo de los mismos e invitar a participar con más ahínco en el cuidado de nuestro planeta.

1. Introducción

La contaminación ambiental es un problema que atañe cotidianamente a la mayoría de las actividades humanas, así la práctica odontológica puede ser una actividad contaminante de manera muy particular, sobre todo porque sus residuos no se manejan de manera adecuada. En lo que respecta a la contaminación ambiental, sin lugar a dudas, la especie humana es la que ha tenido la mayor participación en la modificación del ambiente, lo que se manifiesta evidentemente por la contaminación de los ecosistemas naturales y sus componentes abióticos como son el aire, el agua y el suelo (OCDE, 2012).

Según geólogos expertos, durante los más de 4,400 millones de años de existencia de la Tierra, la contaminación de suelos por metales y metaloides de manera antrópica, se da desde la era paleolítica, misma que inició aproximadamente hace más de 12,000 años. Los periodos históricos durante los que ha existido mayor relevancia en la exacerbación de la contaminación ambiental han sido el de la Revolución Industrial, a mediados del siglo XIX y la era atómica considerada así a partir del año 1945 cuando se realizó la primera prueba de la bomba nuclear en el Álamo Gordo, Nuevo México (Waters *et al.*, 2016). Al abordar concretamente el tema del agua y su contaminación, la problemática es muy compleja y abarca distintas aristas, desde el uso del mismo recurso para llevar a cabo diversas actividades humanas propias de la producción y transporte de materias primas, hasta la elaboración de utensilios, equipo y materiales para poder llevarlas a cabo (Camdessus, Badré, Chéret, & Ténrière, 2006), que en algunos casos están elaborados con metales pesados.

En la atención a la salud bucal se utilizan algunos materiales que contienen metales pesados (figura 1), éstos pueden presentar algún riesgo para los pacientes durante su atención, para el profesionista respecto a contaminantes químicos (Morales, Lara & Tamez, 2008), así como para el equilibrio del medio ambiente.



Figura 1. Metales pesados presentes en amalgamas, cementos y material radiográfico.

La presencia de residuos de estos contaminantes químicos, en ecosistemas urbanos, rurales y naturales, puede dar lugar a la formación de compuestos orgánicos e inorgánicos, tanto en estado sólido, como en estado líquido o gaseoso (Fernández, Yarto & Castro, 2004), lo que facilita la bioacumulación y biomagnificación de los mismos, es decir, puede provocar que aumente la presencia acumulada de estos metales en las especies que interactúan en un ambiente contaminado con dichos residuos y la propagación de los mismos en la cadena de alimentación (Cebrián, 2007). Estos residuos también representan, dentro de la participación de las actividades humanas y la generación de residuos, riesgos de eutrofización de ríos, canales de riego, lagunas y otros ecosistemas acuáticos, a los que llegan las descargas de aguas residuales; así, algunas plantas, al nutrirse con estos metales, aumentan su tamaño, por lo que aumenta la demanda de oxígeno y desproveen de éste a otras especies que habitan en esas aguas y que son imprescindibles para su permanencia en el lugar en el que viven (Prieto *et al.*, 2007). Aunado a este problema, cuando se sedimenta materia orgánica e inorgánica con mayor contenido de metales pesados en el fondo de algunos cuerpos de agua con menos flujo hídrico, se da mayor presencia de algas y plantas acuáticas que impiden el paso

de la luz del sol, lo que limita interacciones importantes para la descomposición de compuestos orgánicos e inorgánicos (Smith & Smith, 2001).

Para el caso de la práctica odontológica, se generan y desechan compuestos de metales pesados en estado líquido como los residuos radiográficos (Silva & Herrera, 2004), o el mercurio con el que se prepara la amalgama dental, elemento que puede generar distintas consecuencias en el ecosistema (Yacuzzi, 2008).

Las láminas de plomo contenidas en el paquete radiográfico individual, el residuo de la aleación de la amalgama dental y el residuo de distintos cementos y materiales compuestos con zinc tienen el riesgo de convertirse en desechos sólidos tóxicos para el ambiente y los seres vivos, además de que de estos se derivan contaminantes gaseosos, como en el caso de los tiraderos de basura, donde pueden ocurrir explosiones espontáneas a causa de la presencia de gases orgánicos como el metano y causar contaminación en el aire con un mayor contenido tóxico debido a la inmolación de estos desechos y residuos (CESOP, 2012). En el caso la presencia de los residuos con metales pesados en el agua, se considera que puede complicar o imposibilitar el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Sharim *et al.*, 2011).

Es importante tomar en cuenta que materiales como la amalgama dental, cementos para obturación provisional y los que son empleados para obtención de la imagen radiográfica, son los más utilizados en la atención dental (Lara, Irigoyen & López, 2001; SSDF, 2014).

Para mitigar daños al ambiente existen leyes y normas mexicanas para un manejo integral de residuos y su desecho, mismas que señalan límites permisibles para la descarga de contaminantes en agua y basura, pero que se difunden muy poco en la profesión odontológica y que se abordarán en el presente manual respecto al manejo y al desecho adecuados de materiales dentales con metales pesados, donde se identificarán y precisarán estos aspectos en las normas mexicanas e internacionales vigentes para la seguridad del paciente, del ámbito del trabajo odontológico y sobre el cuidado del medio ambiente.

2. Metales pesados

Otra forma de nombrar a los metales pesados es como “elementos tóxicos”, los cuales incluyen, de acuerdo con la lista de contaminantes prioritarios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos: arsénico, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinc, plata, cadmio, mercurio, titanio, selenio y plomo (Tchounwou, Yedjou, Patlolla, & Sutton, 2012).

El término “metal pesado”, a pesar de ser ampliamente utilizado entre los profesionistas y científicos, no tiene una base científica rigurosa o una definición química. Aunque muchos de los elementos que se enlistan en el término “metal pesado” tienen una densidad específica mayor a 5 g cm^{-3} (Duffus, 2009).

2.1. Plata

La plata (Ag) es un metal de transición blanco, brillante, blando, dúctil y maleable cuyo número atómico es 47. En la naturaleza forma parte de distintos compuestos minerales, generalmente como sulfuro de plata (Ag_2S), o de forma libre y representa una parte en 5,000 en la corteza terrestre. Se mantiene en el agua y en el aire si su superficie se empaña en presencia de ozono (O_3), sulfuro de hidrógeno (H_2S) o aire con azufre y posee la más alta conductividad eléctrica y térmica (Chang, 2002). En la minería se obtiene como subproducto de los minerales argentíferos de plomo, zinc y cobre, y se le encuentra en la forma de sulfuro de plata y argentita (Ag_2S). La plata pura es demasiado blanda para la fabricación de objetos metálicos duros, por lo que se le endurece en aleación con cobre, lo que da resistencia al ácido acético (OIT, 1998).

Se encuentra presente en la aleación para amalgama dental, en la película radiográfica y en los líquidos radiográficos tras el proceso de obtención de la imagen radiográfica (Silva & Herrera, 2004; Anusavice, 2008).

2.2. Cobre

El cobre (Cu) es un metal de transición rojizo y brillo metálico, su número atómico es 29. Se caracteriza por ser uno de los metales con mejor conducción de calor y de electricidad. Es un metal comparativamente pesado, el cobre sólido puro tiene una densidad de 8.96g cm^{-3} a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que el tipo comercial varía con el método de manufactura, con una oscilación entre 8.90 y 8.94g cm^{-3} . Su punto de fusión es de $1,083\text{ }^{\circ}\text{C}$ y de ebullición normal es de $2,595\text{ }^{\circ}\text{C}$; además de ser poco paramagnético (Chang, 2002).

El cobre es un elemento esencial para el metabolismo humano. En las plantas, el cobre juega un importante papel en el proceso de la fotosíntesis y forma parte de la composición de la plastocianina, donde alrededor del 70 % del cobre de una planta está presente en la clorofila, principalmente en los cloroplastos (León & Sepúlveda, 2012). En un ambiente natural, en una atmósfera húmeda con anhídrido carbónico, se encuentra con una capa verde de carbonato (OIT, 1998). Este metal está presente en la aleación para amalgama dental (Anusavice, 2008).

2.3. Mercurio

El mercurio (Hg) es un metal pesado en estado líquido a temperatura ambiente de color plateado, su número atómico es 80. Es buen conductor eléctrico, insoluble en agua y soluble en ácido nítrico. Por encima de los $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ produce vapores altamente corrosivos y tóxicos y es el único metal de transición con una densidad de 13.53g cm^{-3} , forma amalgamas con la mayoría de los metales, excepto: hierro, níquel, cadmio, aluminio, cobalto y platino (Chang, 2002). Tiene una reacción exotérmica con los metales alcalinos, sufre corrosión por el ácido nítrico, pero no por el clorhídrico. El mercurio inorgánico se encuentra en la naturaleza en el mineral de cinabrio, entre 0.1 y 4 % en forma de sulfuro (HgS). El mercurio constituye el 50 % de la amalgama dental en su correcta proporción, una vez que se ha generado la aleación con la porción sólida (Anusavice, 2008).

2.4. Zinc

El zinc (Zn) es un metal de transición de color blanco azulado, su número atómico es 30. Se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y constituye aproximadamente un 0.02 % de la corteza terrestre. El zinc puro es dúctil y maleable, pudiéndose enrollar y tensar, pero cantidades pequeñas de otros metales como contaminantes pueden volverlo quebradizo; también cuando es puro, no es ferromagnético. Se funde a 420 °C y hierve a 907 °C. Su densidad es 7.13 veces mayor que la del agua. Es buen conductor del calor y de la electricidad (Chang, 2002).

El Zinc ha tenido una presencia muy importante en todo tipo de industria y comenzó a utilizarse en mayor medida a partir del año 1805 (Habashi, 1998). Puede hacer aleación con cobre, níquel, aluminio y magnesio. En aleación con cobre, se obtiene un grupo de aleaciones denominadas bronce (OIT, 1998). El zinc se encuentra en distintos materiales utilizados en odontología, desde los cementos constituidos por óxido de zinc, hasta materiales como la pasta zinquenólica o materiales para obturación de conductos utilizados en tratamientos endodónticos (Anusavice, 2008).

2.5. Estaño

El estaño (Sn) es un metal plateado, cuyo número atómico es 50, es maleable y dúctil a temperaturas normales y se oxida fácilmente a temperatura ambiente. Cuando se libera el estaño metálico en el medio ambiente, se puede unir con el cloro, azufre y oxígeno para formar compuestos inorgánicos, tales como el cloruro de estaño, sulfuro de estaño o dióxido de estaño. Este tipo de compuestos no pueden ser degradados y sólo cambian su forma química, de manera que son adheridos por los suelos y los sedimentos, o son disueltos por el agua (Chang, 2002). Puede formar fácilmente aleaciones con otros metales y una de sus características más notables es su resistencia a los ácidos y factores climatológicos (OIT, 1998).

2.6. Plomo

El plomo (Pb) es un metal pesado; su número atómico es 82, tiene una densidad relativa de 11.4 a 16 °C, de color plateado con tono azulado y que empañado, adquiere un color gris mate. Es flexible, no elástico y se funde fácilmente. Su punto de fusión se produce a 327.4 °C; hierve a 1,725 °C. Es anfótero y tiene la capacidad de formar sales, óxidos y compuestos organometálicos (Chang, 2002). El mineral más rico en plomo es la galena (sulfuro de plomo), aunque también se encuentra en otros minerales. Dicho metal se encuentra presente en el paquete radiográfico individual en forma de laminilla (Anusavice, 2008).

3. Metales pesados en la práctica odontológica

En la práctica odontológica se requiere el uso de materiales dentales específicos que resultan ser de primera necesidad para aspectos de apoyo diagnóstico como las radiografías dentales, los líquidos de revelado y el fijado de imagen, así como en operatoria dental en cuanto a materiales temporales y permanentes como son los cementos que contienen zinc y los restaurativos como la amalgama dental. Todos estos materiales dentales generan desechos que llevan implícito un potencial contaminante relacionado con los metales pesados (Anusavice, 2008). La complicación de la contaminación por parte de estos elementos es, por un lado, la desvinculación de la responsabilidad que se tiene de estos desechos de las empresas que los producen y de los cuales obtienen utilidades económicas, lo que representa un problema que el Estado debería resolver y por otro lado, el odontólogo debe asumir el cuidado en la manipulación de los residuos resultantes en la práctica odontológica, ya que contamina el ambiente al momento al no manejar adecuadamente los residuos que contienen metales pesados, cuyo resultado es la contaminación y posteriormente la afectación de los ecosistemas circundantes de los seres vivos, incluyendo el hombre (Singh *et al.*, 2014).

3.1. Amalgama dental, sus componentes y su manipulación

La amalgama dental consta de un componente sólido conocido como aleación para amalgama y de un elemento líquido, que es el mercurio tridestilado; ambas partes generan una aleación por la mezcla de sus metales en un procedimiento de trituración a temperatura ambiente. El uso de este material desempeña su papel en la obturación de la cavidad generada en el diente tras haber retirado tejido destruido por caries (Barceló & Palma, 2015). Los componentes de la aleación para amalgama están constituidos generalmente por plata, estaño, cobre, mercurio y zinc. El origen de esta aleación fue propuesta por Greene Vardiman Black en el año de 1896 y ha cambiado a través del tiempo, debido a las continuas evaluaciones de los materiales y sus reacciones químicas, por lo que hoy en día se utiliza con un contenido más alto

en cobre y con una disminución del contenido de plata, con el fin de evitar cambios dimensionales después de la colocación de dicho material (Anusavice, 2008). Esta variación en los metales, así como sus distintas proporciones varían según el fabricante (figura 2). La porción sólida de la futura aleación corresponde al 50 % en forma de polvo o tableta, así como en cápsulas reusables o predosificadas, esta última presentación es la propuesta en la NOM-013-SSA2-2015 y en la Guía de Buenas Prácticas de Uso de Mercurio en Consultorios Dentales (Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios [COFEPRIS], 2011) para evitar excedentes de mercurio. El otro 50 % la conformará la parte líquida que es el mercurio tridestilado (Hatrick, 2012).

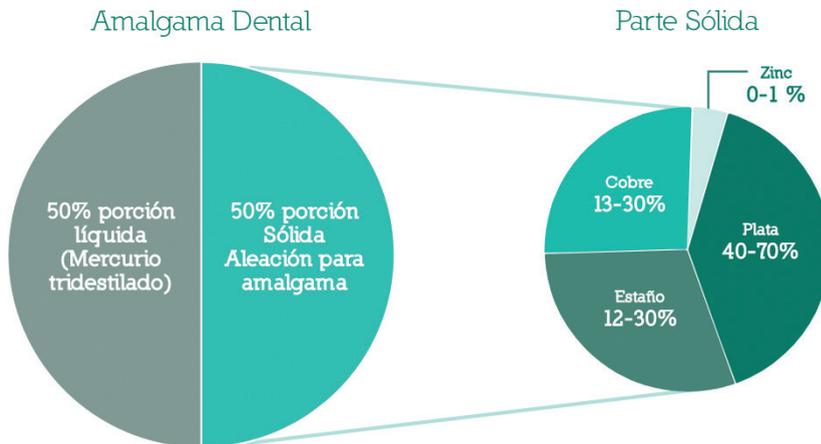


Figura 2. Metales presentes en la composición de la amalgama dental.

La manipulación de la amalgama se efectúa en diferentes maneras y de acuerdo con la presentación de la futura aleación, así como del equipo con el que cuente el odontólogo. En algunos casos se realiza utilizando mortero y pistilo, ambos de vidrio, con los que se lleva a cabo la trituration de la aleación de amalgama mezclándola con la parte líquida, es decir, el mercurio tridestilado y así lograr la incorporación de las dos partes con movimientos circulares con el pistilo sobre el mortero. La mezcla generada se coloca sobre un paño de tela y se exprime el excedente de mercurio para evitar posible corrosión o expansión y fragilidad de la amalgama. En otros casos se utiliza una cápsula con un balín de metal en el que se introducen ambas partes, sólida y líquida, para generar la aleación. Esta cápsula se coloca en

un amalgamador, el cual gira aproximadamente a una velocidad de 4,000 revoluciones por minuto y de igual forma, que en el caso anterior, se colocará la aleación posteriormente a este proceso, sobre un paño para exprimir los excedentes de mercurio (figura 3). También existe la posibilidad de utilizar el mismo amalgamador con cápsulas predosificadas en las que no se presenta un exceso de mercurio, ni es necesario el uso de paños y evita almacenar mercurio. (Hiltz, 2007; COFEPRIS, 2011).



Figura 3. Amalgama dental preparada por medio de la tableta, mercurio tridestilado y balín metálico.

Otros aspectos a considerar en el buen manejo de la amalgama es evitar el riesgo por inhalación de vapores (Hiltz, 2007), situación que puede presentarse cuando se pulen los dientes, o cuando se retiran las obturaciones de este material (Asociación Dental Americana [ADA], 2017), lo cual debe realizarse bajo el chorro de agua para evitar la aspiración de polvos y de mercurio, a fin de prevenir el riesgo a nivel sistémico. También durante la manipulación hay que separar aquellos dientes que han sido extraídos y que contienen amalgama (COFEPRIS, 2011; NOM-013-SSA2-2015). Es importante considerar que los

excedentes de amalgama por sobreobtención se deberán recolectar y desechar adecuadamente, aspecto que se abordará en el apartado 7 del presente manual.

3.2. Cementos odontológicos con zinc

Dentro de la práctica profesional odontológica, algunos de los materiales más utilizados son los cementos que contienen óxido de zinc (ZnO) en diferentes presentaciones, mismos que se utilizan para la obturación provisional, la cementación de prótesis fija, las bases para obturación, la cementación de endopostes, entre otros. Este metaloide también se encuentra presente en la pasta zinquenólica, que se utiliza para la impresión dientes y estructuras adyacentes, necesarias en la conformación de prótesis removibles (Hatrack, 2012; Barceló & Palma, 2015).

3.2.1. Cemento de óxido de zinc-eugenol

El cemento de óxido de zinc-eugenol se compone de ZnO adicionado con resina, acetato de zinc y eugenol (figura 4), una mezcla de alcohol etílico y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*). Se utiliza principalmente para obturación provisional de cavidades, como base y para cementación de prótesis fija provisional. Este cemento, a pesar de contar con diferentes presentaciones y respectivas modificaciones en su estructura, su principal componente es el óxido de zinc (Anusavice, 2008). Para manipular este cemento se incorporan el polvo y el líquido sobre una loseta de papel o de vidrio hasta obtener la consistencia deseada con ayuda de una espátula de metal. Este cemento es difícil de remover de la superficie donde se mezcla, en el caso de que se manipule en una loseta de vidrio, por lo que hay que juntar la mayor cantidad en un punto y tirar el excedente en un recipiente especial. Más adelante se abordarán los procedimientos sugeridos para el desecho de estos residuos, sin embargo, es importante comprender que la forma en que se manipulen los materiales dentales, puede influir en las dificultades para su recolección posteriormente a su uso.



Figura 4. Cementos de óxido de zinc y eugenol.

3.2.2. *Cemento de fosfato de zinc ($ZnPO_2$)*

Otro cemento odontológico es el de fosfato de zinc, compuesto por ZnO calcinado y pulverizado en 90 % y por óxido de magnesio en un 10 %. La parte líquida contiene ácido ortofosfórico o fosfórico (Hatrack, 2012; Barceló & Palma, 2015), agua, fosfato de aluminio y en algunos casos fosfato de zinc. Este cemento se usa en restauraciones indirectas (Hatrack, 2012), como base en restauraciones con amalgama en los casos que se requiera realizar un recubrimiento pulpar indirecto (Anusavice, 2008) y a veces como material de restauración temporal (Barceló & Palma, 2015). Respecto a su manipulación, deberán mezclarse ambas partes en losetas frías con una espátula metálica.

3.2.3. *Cemento de policarboxilato de zinc*

Este cemento es otro material adhesivo utilizado en la atención dental que se constituye en su parte sólida por óxido de zinc y pequeñas cantidades de óxido de magnesio y su porción líquida es una solución acuosa de ácido poliacrílico o acrílico (Barceló & Palma, 2015), así como copolímeros; se utiliza principalmente para cementación de restauraciones metálicas (Anusavice, 2008) y como base de alta resistencia (Hatrack, 2012; Barceló & Palma, 2015). Al igual que los otros

cementos, se deben limpiar con un paño las superficies donde se mezcla cuando aún está fresco el cemento y depositar el algodón en el recipiente correspondiente.

3.2.4. Pasta zinquenólica

Este material no pertenece al grupo de cementos odontológicos, pero se emplea para obtener la réplica de los dientes, registros del tipo de mordida, material de obturación temporal y rebase temporal para prótesis. Este material de impresión viene en una presentación de un conjunto de pastas en dos tubos con dos diferentes colores de pasta; una contiene óxido de zinc (80 %), aceites (15 %) y rellenos inertes (5 %) y la otra contiene eugenol (15 %), aceites (15 %), resina, rellenos y un acelerador químico compuesto por acetato de zinc con cloruro de magnesio (Hatrack, 2012). Se colocan partes iguales del material que al mezclarlas forman una masa dura y con ciertas propiedades medicinales, como el efecto analgésico o bactericida, y mecánicas que soportaran las fuerzas de masticación y preservan la integridad del tejido dentario de manera provisional (Anusavice, 2008). Después de haber obtenido la réplica de los dientes en negativo y de su posterior obtención del positivo, el material de impresión debe desinfectarse con yodóforos o glutaraldehidos con una proporción de 1:2 durante 10 a 30 min. Para finalizar, ese material deberá desecharse en envases específicos para su posterior envío a empresas de reciclaje de metales.

3.2.5. Otros cementos compuestos de zinc

A partir de nuevas tecnologías, han surgido algunos materiales como cementos de obturación provisional o cementos para la obturación de conductos radiculares los cuales han cambiado su composición, pero persiste la estructura del zinc en muchos de ellos (Hatrack, 2012).

3.3 Material radiográfico

La imagen radiográfica es un importante auxiliar en el diagnóstico del estado de salud de los dientes y del aparato masticatorio del paciente, que incluye tejidos blandos y duros, además de formar parte del expediente clínico de cada paciente. A través de la historia de esta prueba de laboratorio, se han generado cambios que la han tornado

más accesible para los profesionales de la salud bucal, en el entendido de que no siempre fue así. La empresa Kodak al ser pionera en esta producción, estandarizó algunos tamaños de radiografías bucales, siendo hoy en día las periapicales las más utilizadas tanto para niños como para adultos en consultorios dentales, así como en laboratorios de diagnóstico dental (figura 5).



Figura 5. Paquetes radiográficos periapicales individuales, tamaño infantil y adulto.

La película radiográfica se compone actualmente por una película flexible de poliéster que mide 0.2 mm de espesor, recubierta por ambos lados de un adhesivo delgado, mismo que va a unir la emulsión gelatinosa de la película. Los dos componentes principales de esta emulsión son los granos de haluro de plata sensibles a los rayos X y a la luz visible, así como una matriz sobre la cual están suspendidos los cristales. Los granos de haluro de plata se componen principalmente, por cristales de bromuro de plata y, en menor medida, yoduro de plata (Haring & Jansen, 2002). Estos granos de haluro se suspenden en una matriz circundante que se aplica a ambos lados de la base del soporte. La matriz compuesta de materiales gelatinosos y no gelatinosos, mantiene la dispersión uniforme de los granos de haluro de plata. La radiografía contiene también una envoltura de papel negro, que cubre la película y la protege de la luz, una laminilla de plomo colocada detrás de la película para protegerla de la radiación retrógrada dispersa y por último una envoltura externa de vinil para proteger todo el contenido del paquete radiográfico y poder tomar la radiografía dentro de la boca del paciente sin que pierda sus características (Haring & Jansen, 2002).



Figura 6. Componentes del paquete radiográfico individual.

La exposición de la película a la radiación ioniza los cristales de bromuro de plata, forma una imagen e inicia el proceso que termina, a través del tratamiento químico de la película radiográfica, con la reducción de los iones de plata a plata metálica o plata pura y la formación de bromo, entre otras sustancias (Fernandes, Azevedo, Carvalho & Fagundes, 2005).

Para la obtención de la imagen radiográfica existen distintas modalidades en cuanto a la infraestructura adecuada para poder llevar a cabo el procedimiento, ya que se puede hacer en un cuarto oscuro con una luz roja, con una caja de revelado (figura 7) o incluso tecnología altamente especializada para realizar específicamente esta tarea (Nair *et al.*, 2009).

Específicamente, durante el revelado de la película radiográfica, la matriz absorbe las soluciones procesadoras y permite que los productos químicos se alcancen y reaccionen con los haluros de plata, lo que provoca que en ese proceso se suelte partículas del material en los líquidos radiográficos, que forma sulfatos, sulfitos, bromuro y sulfuro de plata, así como lodos con alto contenido en plata a largo plazo.



Figura 7. Caja de revelado. A: líquido revelador. B: Agua para baño de paro. C: Líquido fijador.

Los residuos líquidos generados por el proceso de radiografías provienen del revelador, fijador y agua de lavado de la película radiográfica. Estos residuos consisten en sustancias químicas altamente tóxicas que pueden ser tratados internamente para después ser reutilizados por la industria y obtener por ello ingresos (Pôrto, Guerra & Zanchin, 2012).

El revelador utilizado tiene un pH básico y necesita algún compuesto ácido para su neutralización (formación de sal y agua). El fijador usado tiene pH ácido y para su neutralización, necesita compuestos básicos (Pôrto *et al.*, 2012).

El papel negro también debe tener una correcta disposición porque, después de la exposición radiográfica se ha referido la presencia de restos de plomo (Guedes, Silva, Veiga & Pécora, 2009).

En las siguientes tablas se muestra la composición típica de los líquidos reveladores y fijadores utilizados en el proceso de revelado de las placas de rayos X (tabla 1 y 2).

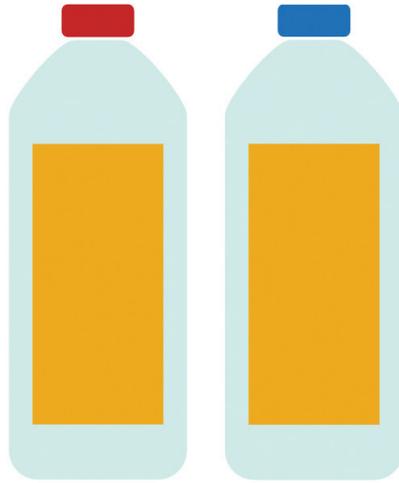


Figura 8. Líquido revelador y fijador.

Tabla 1. Componentes del líquido para revelado de la imagen radiográfica

Componente	Composición porcentual	Función
Agua: (Vehículo y disolvente)	90-94	Disuelve los productos químicos.
Sulfito potásico KHSO_3 : (Conservador)	1-5	Controla la oxidación y mantiene el equilibrio entre los componentes del revelador.
Dietilenglicol $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3$: (Agente secuestrador)	1-5	Elimina las impurezas metálicas y estabiliza el agente revelador.
Sulfito sódico Na_2SO_3 : (Conservador)	1-5	Controla la oxidación y mantiene el equilibrio entre los componentes del revelador.
Hidroquinona $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$: (Agente revelador)	1-5	Agente reductor y produce colores negros lentamente.
Carbonato de sodio: (Agente activador)	1-5	Contribuye al hinchado de la gelatina, produce alcalinidad y controla el pH.

Nota: Adaptado de *Determinación de los componentes de las aguas residuales de los tanques de revelado de radiografías de laboratorios dentales*, (p. 111), por Silva T., Paulina; Herrera V., Juan José, Costa Rica: San José. 2004. Revista Odovtos Publicación Científica, Facultad de Odontología, UCR, N° 6.

Tabla 2. Componentes del líquido para fijado de la imagen radiográfica

Componente	Composición porcentual	Función
Agua: (Vehículo y disolvente)	85-90	Disuelve los productos químicos para su uso.
Tiosulfato amónico $\text{NH}_4\text{S}_2\text{O}_3$: (Agente fijador)	5-10	Elimina el bromo de plata no revelado de la emulsión.
Acetato sódico $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$: (Agente estabilizador)	1-5	Mantiene el pH adecuado.
Bisulfito sódico 2NaHSO_3 : (Preservante)	1-5	Mantiene el equilibrio químico.
Ácido acético $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$: (Agente activador)	<1	Neutraliza el revelador y detiene su acción.
Sulfito amónico $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$	<1	Elimina haluros de plata no revelados de la emulsión

Nota: Adaptado de *Determinación de los componentes de las aguas residuales de los tanques de revelado de radiografías de laboratorios dentales*, (p. 111), por Silva T., Paulina; Herrera V., Juan José, Costa Rica: San José. 2004. Revista Odovtos Publicación Científica, Facultad de Odontología, UCR, N° 6.

4. Efectos a la salud causados por los metales que contienen los materiales básicos de uso odontológico

A través del tiempo se han identificado las implicaciones que tienen los metales pesados en la salud humana y se registran sucesos históricos que comprenden desastres ambientales relacionados con estos materiales tóxicos. Un ejemplo son los efectos por ingesta de metilmercurio que se documentan en dos casos conocidos; el ocurrido en la bahía de Minamata, Japón donde la población se alimentaba con pescado contaminado con metilmercurio y el ocurrido en Iraq por la ingesta de semillas tratadas con metil y etilmercurio; en donde se observó el deceso de personas expuestas a niveles cuyas concentraciones oscilaron entre 10 y 60 mg kg⁻¹. Estudios posteriores evidenciaron que este metal tóxico se relacionaba directamente con patologías como neumonía, enfermedad no isquémica del corazón y seria afectación al sistema nervioso central, además bronconeumonía, alveolitos edematosos, alteraciones del ritmo cardiaco, gastritis, falla renal, dermatitis, gingivitis, delirio, coma, polineuropatías y fallas respiratorias (AST-DR), 1999; Organización Mundial de la Salud [OMS], 1990).

El metilmercurio también mostró afectación evidente en el desarrollo fetal e infantil, cuyas manifestaciones ocasionan daños en el cerebro expresadas con retardo mental y afectación de la motricidad (Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, [AST-DR], 1999).

4.1. Daños a la salud por mercurio

Otros síntomas asociados a exposiciones leves del ser humano con el metilmercurio se caracterizan por pérdida de la memoria, temblores, inestabilidad emocional (angustia e irritabilidad), insomnio e inapetencia. A exposiciones moderadas, se observan desórdenes mentales más importantes y perturbaciones motoras, así como afecciones renales (OMS, 1989). Las exposiciones breves a altos niveles de vapor de mercurio, pueden producir daños pulmonares y la muerte. La ingesta de alimentos contaminados, sobre todo pescado, representa el mayor

riesgo de intoxicación por mercurio, debido a su biotransformación y magnificación biológica a través de la cadena trófica, mientras que la baja solubilidad del mercurio en agua reduce los riesgos derivados por la ingestión de agua contaminada. En el reporte toxicológico de mercurio del Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos, se exhiben tablas en las que se describe que el compuesto más dañino a partir de este metal es el metil-mercurio, mismo que repercute en la salud cuando existe una exposición crónica a una concentración mínima a 0.0005 mg L^{-1} (ATRDR, 1999).

El caso de Japón, en donde la industria descargó, altos contenidos de metilmercurio en sus costas en el año de 1950 y generó problemas de salud y muerte en la población, motivó la realización del Convenio de Minamata, tratado internacional adoptado por 139 países que se presentó como un instrumento importante para llamar a una eliminación voluntaria del uso de mercurio (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2013; Mackey, Contreras & Liang, 2014).

El mercurio procedente de amalgamas dentales, así como de otras muchas fuentes presentes en el medio ambiente mundial, puede penetrar en el organismo a través de los alimentos, el agua y el aire (Hiltz, 2007). Sin embargo, la exposición más común al mercurio durante el trabajo odontológico, se da por la inhalación de sus vapores, (Ely, 1997) como una forma importante debido a la manipulación de la amalgama dental en sus diversas labores de rutina: preparación, restauración y remoción de la amalgama dental.

La exposición crónica de los odontólogos a niveles altos de mercurio producen déficits neuropsicológicos (Jones, Bunnell & Stillman, 2007), sin embargo, otros indican que los déficits pueden ocurrir a dosis relativamente bajas, por debajo de $20/\mu\text{g}/\text{g}$. (Uzzell & Oler, 1986).

4.2. Daños a la salud por plata

La plata también se encuentra presente en la amalgama dental, en las películas radiográficas y en los residuos de los líquidos utilizados para la obtención de radiografías dentales. La plata puede entrar al cuerpo a través de la boca, la garganta o el tracto digestivo, después de comer alimentos o beber agua que contienen este elemento, a través de

los pulmones o por la piel (ATSDR, 1990), así como al introducir las manos en soluciones que contienen compuestos de plata como los líquidos para el procesamiento de radiografías.

Puede causar reacciones en el organismo humano, como tinción de color gris o gris azulado en algunas partes de la piel o de los tejidos del cuerpo, condición conocida como “argiria” y que ocurre en personas que comen o inhalan compuestos de plata durante mucho tiempo, varios meses o muchos años, sin embargo, este fenómeno no se considera dañino sólo se le considera como un problema “cosmético”. La ATSDR, señala que la exposición al polvo con niveles relativamente altos de compuestos de plata, como el nitrato de plata o el óxido de plata, puede causar problemas respiratorios, irritación en los pulmones y la garganta así como dolor de estómago, sin embargo, se desconoce a qué niveles puede producir estos daños. El contacto cutáneo con los compuestos de plata parece causar reacciones alérgicas leves en algunas personas, como salpullido e inflamación. En el reporte toxicológico de plata de la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, se presenta que uno de los compuestos formados con plata que puede acumularse en gran medida en el ser humano, es el acetato de plata con dosis administrada de 0.08 mg kg⁻¹, y que al administrarse durante una semana se retiene el 21 % de la dosis total (ATSDR, 1990).

El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, 2016) y la Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA, 2012) establecen un límite de la cantidad de plata en el aire del lugar de trabajo de 0.01 miligramos por metro cúbico y ambas recomiendan que el aire en el sitio de trabajo no contenga más de 0.01 mg m⁻³ de plata, para evitar la argiria o una irritación de ojos y piel.

4.3. Daños a la salud por estaño

Otro metal que se encuentra presente en la amalgama dental es el estaño, cuyos compuestos inorgánicos, generalmente no causan efectos perjudiciales ya que al respirarlos o ingerirlos entran al cuerpo y se desechan rápidamente. Un estudio clínico en personas que ingirieron grandes cantidades de estaño inorgánico, sufrieron dolores de estómago, anemia, y problemas del hígado y del riñón. Según el reporte toxicológico de cobre de la ASTRD, no hay registros de daño humano

por el cobre, sin embargo, el estaño metálico que se libera al ambiente rápidamente forma compuestos inorgánicos a partir de este metal, compuestos que no pueden ser destruido en el ambiente, sólo puede cambiar de forma. Los compuestos orgánicos de estaño pueden ser degradados a compuestos inorgánicos por la luz solar o bacterias. Algunos compuestos orgánicos de estaño como el dibutilestaño y tributilestaño, pueden afectar el sistema inmunitario en animales, pero esto no se ha evaluado en seres humanos. Algunos estudios en animales también han demostrado que estos compuestos afectan la reproducción, aunque tampoco se ha evaluado en seres humanos (ASTRD, 2005).

4.4. Daños a la salud por cobre

Otro de los metales contenidos en la amalgama dental es el cobre, considerado un oligoelemento esencial, sin embargo, la exposición a dosis altas puede ser perjudicial. La exposición prolongada a polvos de cobre puede irritar la nariz, la boca, los ojos y causar dolores de cabeza, mareo, náusea y diarrea. Beber agua que contenga niveles de cobre más altos que lo normal, puede causar en el ser humano náuseas, vómitos, calambres estomacales o diarrea. La ingestión intencional de niveles altos de cobre puede producir daño al hígado y a los riñones, además de causar la muerte. Por exponer un ejemplo del riesgo a daños en la salud humano por cobre, se conoce que en una dosis de 0.64 mg Kg^{-1} durante 8 horas al día, 5 días por semana causa disminución en la producción de hemoglobina, por lo que disminuye la cantidad de oxígeno en la sangre (ASTDR, 2004).

4.5. Daños a la salud por zinc

Respecto al zinc, otro metal que se encuentra presente en diferentes cementos para uso odontológico y materiales de impresión, se trata de un oligoelemento esencial para el organismo humano, pero el exceso de zinc, denominado hipercincemia, se ha asociado con bajos niveles de cobre, alteraciones en la función del hierro, disminución de la función inmunológica y de los niveles del colesterol bueno HDL, vómitos, diarrea, daños a los riñones y depresión mental (Menéndez *et al.*, 2008). También ha sido llamado el “caballo oscuro del cerebro” ya que puede comportarse como una neurotoxina, lo que sugiere que la

adecuada homeostasis del zinc desempeña un papel fundamental en el funcionamiento normal del cerebro y del sistema nervioso central (Bitanihirwe & Cunningham, 2009). En el área de la estomatología, se han reportado reacciones alérgicas a pacientes durante la colocación de óxido de zinc y eugenol en los órganos dentarios (Silvestre 2005; Deshpande, 2014) y dermatitis por contacto en el profesional (Lonnroth, 1998). Existen pruebas toxicológicas del zinc que señalan que el óxido de zinc provoca incremento en el número de leucocitos, células T, células supresoras de células T y células NK en el fluido de lavado broncoalveolar cuando existe una exposición a 77 mg mm^{-3} durante 15-30 min (ATSDR, 2005).

4.6. Daños a la salud por plomo

Uno de los metales más perjudiciales por sus efectos neurotóxicos es el plomo, mismo que se encuentra presente dentro de los componentes del paquete radiográfico individual. Los efectos del plomo son los mismos si se ingiere o si se inhala, este metal puede afectar a casi todos los órganos y sistemas en el cuerpo (Tirado, González, Martínez, Wilches & Celedón, 2015). El más sensible es el sistema nervioso, tanto en niños como en adultos. La exposición prolongada a este elemento y sus compuestos pueden causar deterioro en el resultado de algunas pruebas que miden funciones del sistema nervioso, producir un pequeño aumento de la presión sanguínea y especialmente, en personas de mediana y avanzada edades, puede causar anemia. La exposición a niveles altos de plomo puede dañar seriamente el cerebro y los riñones de niños y adultos y causar la muerte; puede producir la pérdida del feto durante el embarazo y en hombres, puede alterar la producción de espermatozoides (ATSDR, 2016).

4.7. Formación de compuestos orgánicos e inorgánicos dañinos para la salud

La interacción de los metales pesados con otras sustancias fabricadas para llevar a cabo actividades humanas, como es el caso de los líquidos radiográficos y las radiografías dentales, aumentan la complejidad de sus características tóxicas. La hidroquinona, que constituye el líquido revelador, es catalogada como venenosa al inhalarse o absorberse a través de la piel y produce contaminación del agua. El etilengli-

col, presente tanto en el líquido revelador como en el fijador, puede causar irritación, enrojecimiento y quemaduras en la piel; producir efectos tóxicos al absorberse a través de la piel, por inhalación o al ingerirse. Los vapores del ácido acético que se desprenden del líquido fijador, causan irritación en el sistema respiratorio y en los ojos; las disoluciones producen quemaduras en la piel y la exposición crónica puede causar erosión del esmalte dental y bronquitis. El lixiviado conformado entre los líquidos mencionados y la película radiográfica en el proceso de revelado de las radiografías, genera además otras sustancias como el sulfuro de plata que puede producir irritación de la piel y de las mucosas de las membranas. Algunos de los componentes de estos líquidos son clasificados como sustancias peligrosas (NOM-052-SEMARNAT-2005), tal es el caso de la hidroquinona, el etilenglicol y el ácido acético. Todas estas sustancias, por lo tanto, requieren manipularse con cuidado y, además, no deben verterse en las descargas municipales sin tratamiento previo por el daño potencial que significan para los ecosistemas. Estas sustancias, al perder su efecto para la obtención de la imagen radiográfica, tienen un contenido de partículas de yoduro y bromuro de plata que se desprenden de las películas radiográficas y que han sido inmersas en estos líquidos durante ese proceso (Silva & Herrera, 2004).

Como se ha mencionado anteriormente, se pueden considerar ejemplos de actividades y contaminantes ambientales, respectivamente, la profesión odontológica y algunos materiales dentales de uso común en dicha práctica, ya que contienen metales pesados como la amalgama dental, los cementos compuestos de zinc, las radiografías dentales y los líquidos que se utilizan para la obtención de la imagen radiográfica y que son tóxicos para la salud de los organismos vivos, por lo que es de suma importancia tomar en cuenta que los profesionistas de la salud bucal deben ser cuidadosos con el manejo y desecho de dichos materiales dentales y sus residuos, aspecto que involucra la salud integral del usuario en la atención odontológica, así como el personal que participa en dichas acciones. Esto va a reflejarse en la responsabilidad del cuidado ambiental en el que se vive e interactúa con otros seres vivos.

Tabla 3. Daños que generan los metales al ser humano y que constituyen parte de materiales dentales de uso básico.

Metal	Posibles daños a la salud
Cobre (Cu)	Exposición prolongada a polvos de cobre: puede irritar la nariz, la boca, los ojos y causar dolores de cabeza, mareo, náusea y diarrea.
Estaño (Sn)	En ingestas altas: dolores de estómago, anemia, y problemas del hígado y del riñón.
Mercurio (Hg)	Bronconeumonía, alveolitos edematosos, fallas respiratorias, enfermedad no isquémica del corazón, alteraciones del ritmo cardiaco, gastritis, falla renal, dermatitis, gingivitis, coma, polineuropatías y seria afectación al sistema nervioso central.
Plata (Ag)	Argiria: pigmentación en la piel, considerado como un efecto cosmético. El polvo de compuestos de plata: irritación en los pulmones y la garganta así como dolor de estómago.
Plomo (Pb)	Pequeño aumento de la presión sanguínea, anemia, daño severo en el sistema nervioso central y en los riñones.
Zinc (Zn)	En altas cantidades puede comportarse como una neurotoxina, influye en bajos niveles de cobre, alteraciones en la función del hierro, disminución de la función inmunológica y de los niveles del colesterol bueno HDL, vómitos, diarrea, daños a los riñones y depresión mental.

5. Contribución de la práctica odontológica en la contaminación del ambiente

Cuando se habla de metabolismo social, se hace referencia a los procesos de producción y su relación con el medio que los sostienen (Toledo, 2013). Lo que se denomina *apropiación* y que en realidad habla de una expropiación de los recursos naturales (figura 9), explica el proceso por el cual, en algunas actividades humanas, se extraen recursos naturales, mediante el uso de energías de flujo y de acervo, para poder generar energía necesaria para la transformación de materias primas. En las actividades de expropiación de dichos recursos existen procesos que generan contaminación, al igual que en las actividades consecutivas para su transformación y uso final. Esta contaminación representa riesgos para la diversidad de seres vivos que coexisten en el ambiente.

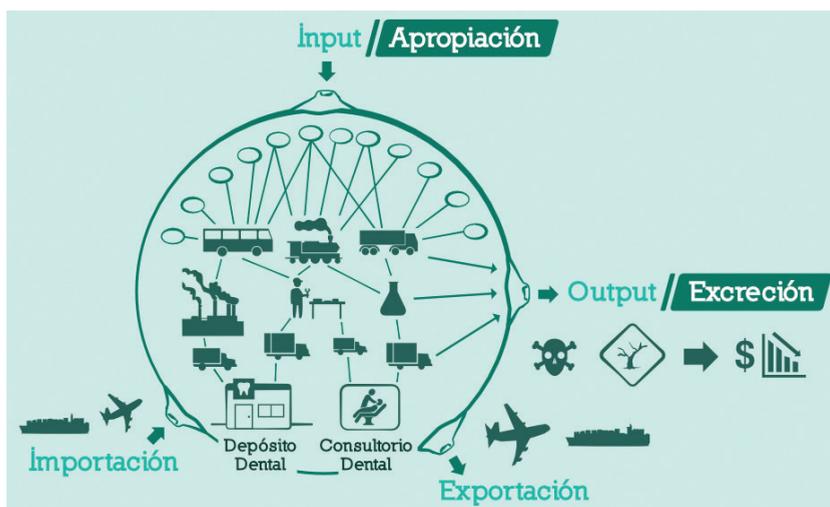


Figura 9. Adaptación de esquema de metabolismo social, el camino de los metales usados en los materiales dentales desde su extracción, hasta su desecho después de su uso en el consultorio dental (Toledo, 2013).

Es decir, al relacionar estas dinámicas con la práctica odontológica, ésta participa en cada uno de los materiales utilizados en sus actividades más comunes, e implica una gran variedad de procedimientos para la extracción de recursos conocidos en economía como recursos primarios, es decir minería, en el caso de los materiales dentales que contienen metales; explotación forestal, relacionada con algunos empaques, papelería y otros insumos propios de la práctica dental; actividad petrolera, en el caso del uso de energía para transformación de dichos materiales, plásticos que conforman los empaques de los mismos. Así también, se concibe otra denominación nombrada *excreción*, que comprende el depósito de desechos, emanaciones o residuos en los espacios naturales, situación que hoy día en la práctica odontológica significa un reto en cuanto a su seguimiento y vigilancia.

5.1. La relación que hay entre los metales pesados y las cadenas tróficas

Una vez vertidos dichos contaminantes al ambiente, existe una propensión a ser bioacumulados y biomagnificados dentro de las redes de alimentación o cadenas tróficas de las que participan de distintas formas cada uno de los seres vivos que coexisten en los ecosistemas y que componen los diferentes biomas en cuestión. Una definición más concreta de cadena trófica es el proceso de transferencia de sustancias nutritivas entre las diferentes especies de la comunidad biológica en los ecosistemas (Jaramillo, 2009), es decir, cómo se alimentan las especies desde los productores primarios (como lo son las plantas) hasta los depredadores secundarios y depredadores punta (como el caso de un reptil que come usualmente ratones, que consecutivamente será consumido por un águila). Posteriormente a la contaminación de recursos abióticos como el agua, el aire y el suelo, que son necesarios para la existencia de los diversos organismos, se acumulan e intercambian esos metales. Con más detalle, dentro de las cadenas tróficas, el aprovechamiento de estos componentes bióticos contaminados con metales por parte de los productores primarios, como pastos, arbustos, árboles y sus frutos, por mencionar tan sólo algunos ejemplos, son ingeridos por los consumidores primarios, dígase los organismos que consumen plantas, hongos y algas (figura 10). En una etapa posterior o nivel trófico consecutivo, el consumo de estos metales, en el caso

de que los compuestos orgánicos o inorgánicos de metales no hayan sido degradados en el ambiente por efectos fisicoquímicos y microorganismos degradadores, se acumulan en las diferentes especies que se nutren entre sí y entre los diferentes niveles de consumidores en las cadenas tróficas (Miller, 2004).

Cuando se introducen contaminantes en el ambiente, como los metales pesados desechados como producto de la práctica odontológica, dichas dinámicas de interrelación y flujos de energía que se dan en los ecosistemas, se verán comprometidos y generarán desequilibrios en los mismos. Un ejemplo es que no se atiende únicamente al desecho generado por la actividad odontológica, sino también las descargas de agua residual de la ciudad de México y que son utilizadas como agua de riego agrícola en la región de Actopan-Ixmiquilpan, en el estado de Hidalgo, donde Prieto *et al.* (2007) reportaron que en hortalizas se encontraron cromo, plomo, mercurio y cadmio (Cr, Pb, Hg y Cd).

En el caso de la contaminación de los ecosistemas con cuerpos de agua o marinos, el proceso de bioacumulación se reproduce cuando los metales pesados son acumulados por los organismos acuáticos, mismos que en algún momento el ser humano puede consumir. Es por eso que pueden encontrarse concentraciones muy altas de estos elementos químicos en tejidos biológicos, aun cuando se hallen extremadamente diluidos en el medio acuático circundante (Ahumada, 1994). Un claro ejemplo se da en un estudio realizado en Argentina, en el que se analizaron los contenidos de Hg, Cd, Pb, Cu y Zn en moluscos, crustáceos (tejido blando- $\mu\text{g/g}$ peso seco), aves y mamíferos marinos (riñón, hígado y músculo- $\mu\text{g/g}$ peso húmedo), procedentes de la zona costera de la Patagonia Argentina continental. En dicho estudio se halló que las concentraciones de Pb en crustáceos de la Bahía San Antonio (10,00–13,20 $\mu\text{g/g}$) se relacionaban directamente con una antigua actividad minera (Gil, Torres, Harvey & Esteves, 2006). Un caso similar, con magnitudes mayores de bioacumulación en la bahía de Minamata, fue clave para generar la discusión del uso de la amalgama dental (Federación Dental Internacional [FDI], 2014).

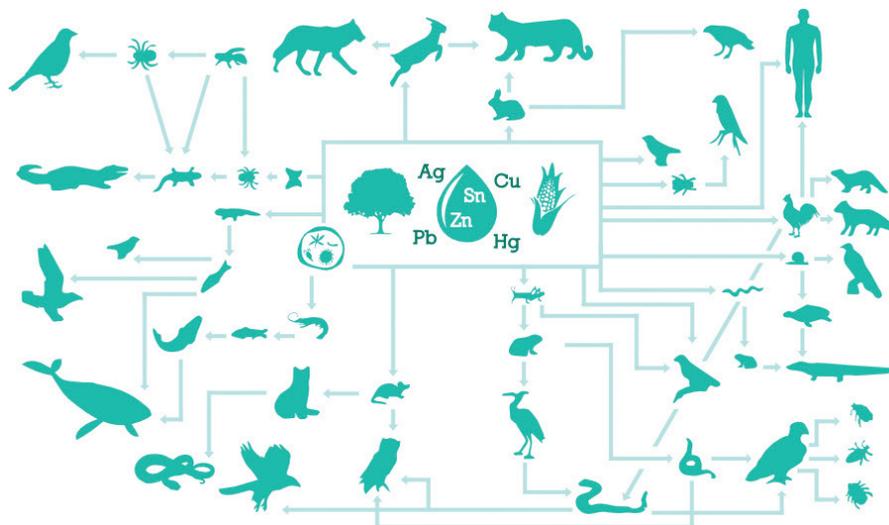


Figura 10. Cadenas tróficas en ambientes terrestres y marinos. Fuente directa.

5.2. Metales pesados y los cuerpos de agua contaminados por los mismos

Otro de los problemas que pueden derivarse de la contaminación antrópica por metales pesados y que modifica los procesos biogeoquímicos es el de la eutrofización en los cuerpos de agua, mismos que suelen ser contaminados por las aguas residuales de las ciudades. Existen definiciones de este fenómeno desde su conceptualización:

La palabra eutroficación o eutrofización significa literalmente “el proceso de la buena nutrición”, pero en relación a un lago o laguna, hoy día esta palabra se refiere a una fertilización excesiva de una masa de agua que da por resultado el crecimiento perjudicial de plantas acuáticas, tales como algas y macrófitas” (Parra, 1989, p.19).

Una vez establecida esta situación, el oxígeno disponible para los peces y otros organismos acuáticos puede disminuir al grado de que se produzca su muerte (figura 11). Esto genera cantidades de emanación de gases de efecto invernadero, generación de mayor materia orgánica en los suelos de los cuerpos de agua, mayor crecimiento de algas y el desecamiento de los cuerpos de agua en cuestión.

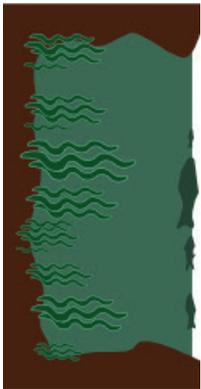
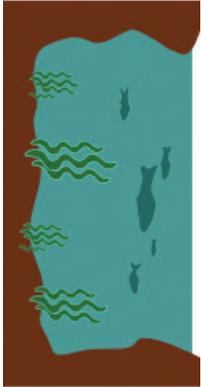
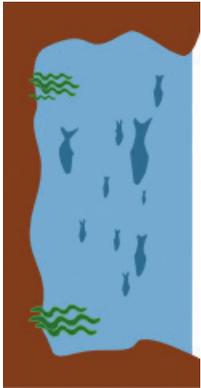


Figura 11. Eutrofización de un cuerpo de agua. Fuente directa.

6. Normatividad y legislaciones sobre contaminación asociada a la práctica odontológica

La normatividad mexicana regula y asegura especificaciones para el público en general de una manera resumida, relativamente sencilla y que se pueda acceder fácilmente a su contenido, ya que no todas las personas son especialistas en la materia de derecho. Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son de uso y observancia de carácter obligatorio y las Normas Mexicanas (NMX) expresan las recomendaciones en el uso de métodos y parámetros establecidos para su observancia. En lo que se refiere a la actividad odontológica y la reglamentación de las acciones que se deben tomar antes, durante y después de la atención de la salud bucal en la práctica profesional, la Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-2015, para la prevención y control de enfermedades bucales, establece las condiciones aptas de infraestructura, de logística y operación de los establecimientos en los que se lleve a cabo la profesión odontológica. Esta norma hace referencia a otras normas vinculadas como la NOM-087-ECOL-SSA1-2002, misma que tiene como objetivo la protección a la salud del medio ambiente, regulando los residuos peligrosos biológico-infecciosos. La NOM-087-ECOL-SSA1-2002 se vincula con la NOM-052-SEMARNAT-2005, la cual establece las características y las rutas para identificar y clasificar las características de Corrosión, Reactividad, Explosividad, Toxicidad y punto de Inflamación (CRETI) de los materiales que se manejan, y señala listados de los residuos peligrosos de acuerdo con estas características. Por ejemplo, algunos metales contenidos en los materiales dentales son tóxicos para el ambiente y la salud de organismos vivos por lo que se especifica la forma en que deben manejarse dichos desechos en distintos casos particulares. De manera simultánea la NOM-052-SEMARNAT-2005 señala y regula la forma de identificar residuos peligrosos y las concentraciones que no se deben sobrepasar aun mezclados en líquidos (tabla 4). Según la NOM-053-SEMARNAT-1993, existen pruebas para poder conocer si una muestra representativa del registro de agua residual de cualquier establecimiento sujeto de fuente puntual de contaminación, sobrepasa los límites tolerados, ya que al

ser mayores, pueden representar un peligro para el equilibrio en el ambiente, así también existen métodos como la espectrometría por absorción atómica que está sugerida y detallada en la NMX-AA-051-SCFI-2001.

Tabla 4. Límites máximos permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT¹.

No. Cas ²	Contaminante	LMP ³ (mg L ⁻¹)
Constituyentes inorgánicos (metales)		
7440-38-2	Arsénico	5.0
7440-39-3	Bario	100.0
7440-43-9	Cadmio	1.0
7440-47-3	Cromo	5.0
7439-97-6	Mercurio	0.2
7440-22-4	Plata	5.0
7439-92-1	Plomo	5.0
7782-49-2	Selenio	1.0

Los límites permisibles de concentraciones de metales en el extracto de constituyentes tóxicos en una muestra representativa del agua residual 1996. 1: *Prueba de Extracción de Constituyentes Tóxicos*, 2: *Número del Chemical Abstracts Service*, 3: *Límite Máximo Permisible. Adaptado de la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2006) Diario Oficial de la Federación (DOF), 23 de Junio de 2006.*

La NOM-002-ECOL-1996, que se encarga de establecer los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, contiene tablas que representan los parámetros para identificar si las aguas que se descargan, como resultado de la práctica odontológica, en este caso, sobrepasan los límites máximos permisibles de contenido de metales pesados que componen los materiales dentales que se han mencionado anteriormente (tabla 5).

Tabla 5. Límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales.

Parámetros	Promedio Mensual (mg L ⁻¹)	Promedio Diario (mg L ⁻¹)	Instantáneo (mg L ⁻¹)
Grasas y Aceites	50	75	100
Sólidos sedimentables	5	7.5	10
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.075	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12

Nota: Adaptado de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (1996). Diario Oficial de la Federación (DOF), 1^{ero} de Junio de 1997.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente señala en sus fracciones I a X que se debe garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar; definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación, y que incluye todos los sectores sociales en la participación para preservar y proteger el ambiente y su biodiversidad, cumplir con el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas; prevenir y controlar la contaminación del aire, del agua y del suelo, garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente; establecer mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental, y establecer medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la im-

sición de las sanciones administrativas y penales que correspondan. Para el cumplimiento de estas disposiciones, es necesario entender que cada uno de los odontólogos tenemos una participación, al menos de forma indirecta para el cumplimiento de la legislación, y que implica responsabilidades de acuerdo con el papel que se juega en el desarrollo de la práctica dental, y que el manejo adecuado de los residuos generados en la práctica odontológica es un punto de partida relacionado con la responsabilidad ética en su ejercicio.

Respecto al tema de residuos sólidos, existe una ley que ha sido reformada recientemente el día 22 de mayo del año 2015, se trata de la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), la cual hace observación del cumplimiento de estas disposiciones invitando a aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social. Por tanto, resulta pertinente realizar estudios que comprometan cada vez más el cumplimiento de estas disposiciones. Según esta ley un plan de manejo aplicado a los residuos sólidos, debe ser un instrumento cuyo objetivo sea minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [INECC/SEMARNAT], 2012), diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno. Los artículos 27 y 34 de la LGPGIR establecen las características de los planes de manejo y los sujetos obligados a la elaboración de los mismos.

De acuerdo con lo que señala la ley anteriormente citada, los profesionistas de la salud bucal deben tener especial cuidado en los procedimientos con los materiales dentales que contienen metales pesados, implicados en la atención bucal, para minimizar su uso y maximizar la valoración de dichos residuos, haciendo énfasis en la correcta recolección de los desechos y en su óptimo almacenamiento, este punto se abordará con más detalle más adelante en el presente manual.

En resumen, la regulación de los residuos compuestos de metales pesados, aborda desde distintas leyes y normas la actividad odontológica de manera general y de manera específica (figura 12). Mientras la NOM-001-SEMARNAT-1996, las NOM-002-SEMARNAT-1996 y la LGPGIR inciden en la regulación y vigilancia de la cantidad y naturaleza de los residuos generados en cualquier fuente puntual de contaminación, la NOM-013-SSA2-2015 se vincula con normas que específicamente se encargan de vigilar los desechos que pueden resultar nocivos para la salud y el medio ambiente como la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, ya que se vincula con la NOM-052-SEMARNAT-2005.

La intención del presente manual se enfoca en dar a conocer los lineamientos para el cumplimiento de la legislación respecto a los desechos generados en la práctica odontológica, desde la formación de recursos humanos universitarios a través de los actores académicos encargados de la en formación de la salud bucal y el gremio odontológico en general, así como el acercamiento a una dinámica hacia el ideal de la sustentabilidad.

De acuerdo con la asociación Nacional de Protección contra el Fuego con sus siglas en inglés NFPA (National Fire Protection Association), existen códigos que describen la peligrosidad de un material o sustancia (figura 13), situación que se da de igual manera con las hojas de seguridad del Chemistry Abstract Service (<https://www.cas.org/about/cas-content>).

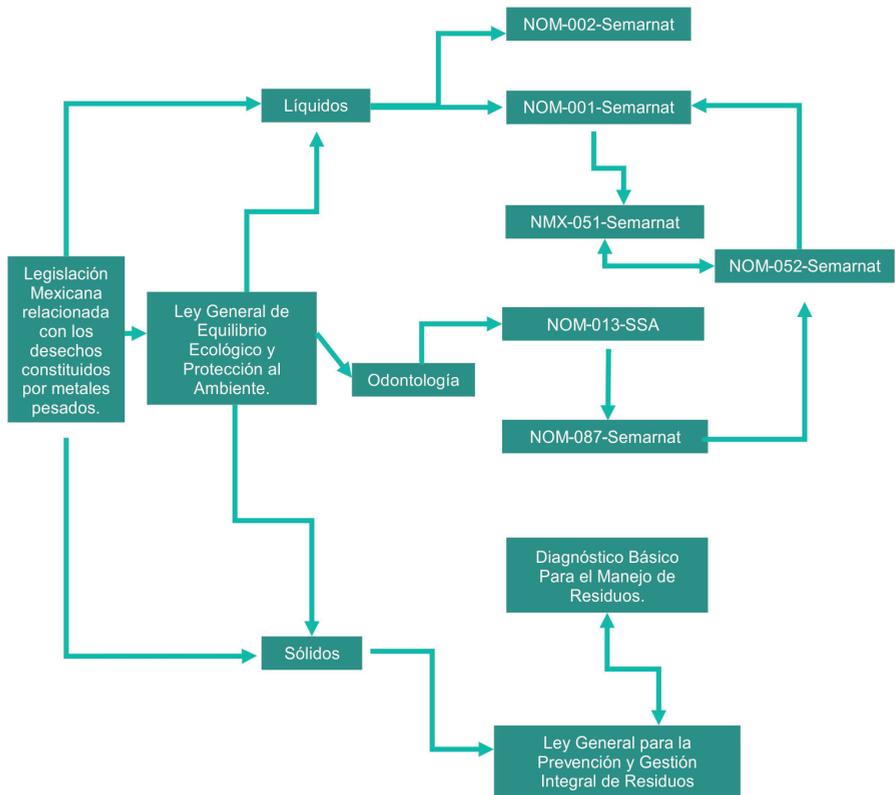


Figura 12. Aplicación de la legislación en el manejo de residuos de materiales dentales. DOF, 2017. Recuperado de <http://www.dof.gob.mx/index.php>.



Figura 13. Identificación de peligrosidad de las sustancias.

El presente manual expone que existen acciones sencillas y prácticas que se pueden implementar para un manejo adecuado de los desechos y convertirlas en hábitos para una práctica que reduzca los daños a la salud y su impacto ambiental, dichas acciones permitirían cumplir con la normatividad y la legislación, de una forma eficiente e invitando a la participación de todos los sectores comprometidos en su cumplimiento. Estas acciones serán abordadas en el siguiente capítulo.

7. Manejo de los desechos tóxicos

7.1 Manejo de los residuos de amalgama

En primera instancia, es necesario identificar y valorar el tamaño de la cavidad que se va a obturar para considerar la cantidad de material que se utilizará para amalgamar, es decir, procurar ocupar solamente el material necesario para poder evitar una mayor cantidad de residuos. En el caso de utilizar polvo o tabletas, y mercurio tridestilado por separado (no con cápsulas predosificadas) hay que recordar que la proporción es de 1:1 entre la tableta y el mercurio (1 medida proporcional entre la porción sólida y líquida), tal como se menciona en el capítulo que describe la composición de los materiales dentales abordados en el presente manual. No obstante, la mayoría de las veces quedarán excedentes de la amalgama, por lo que será importante conseguir 2 recipientes de plástico, opacos y con taparrosca, que se sugiere sean de color verde oscuro para los residuos de mercurio y verde claro para los residuos sólidos de la amalgama (figura 13). El hecho de que sea opaco ayudará a evitar la formación de compuestos orgánicos e inorgánicos del mercurio por efecto de la luz solar.

Después del proceso de amalgamación, al momento de exprimir el excedente de mercurio con el paño, es importante hacerlo directamente dentro del recipiente de taparrosca verde oscuro, llenado previamente con agua para evitar la emanación de metilmercurio (figura 14).

Al abrir el frasco, es importante usar cubrebocas y exprimir el excedente de mercurio en el menor tiempo posible. El recipiente debe cerrarse Inmediatamente después. En la mayoría de los casos, al colocar el material de obturación en la cavidad hay un excedente de amalgama, ya sea en el paño, en la boca del paciente o en el dique de hule. Una vez colocada la amalgama en la cavidad del o los dientes en los que se está trabajando, es importante colocar el excedente de amalgama en el recipiente con la taparrosca color verde claro, sin que en este caso se llene con agua (figura 15). Será importante recolectar la mayor cantidad posible de este excedente que haya estado en contacto con la boca del paciente, con la saliva o en el dique de hule, y de igual forma colocarlo en otro recipiente con tapa amarilla (figura 16).

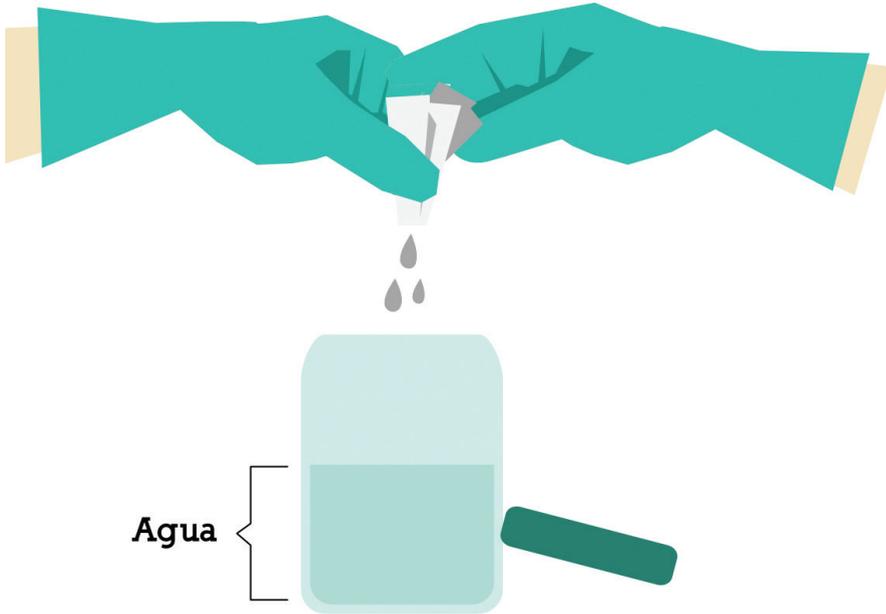


Figura 14. Recolección de residuos de mercurio al exprimir la amalgama.

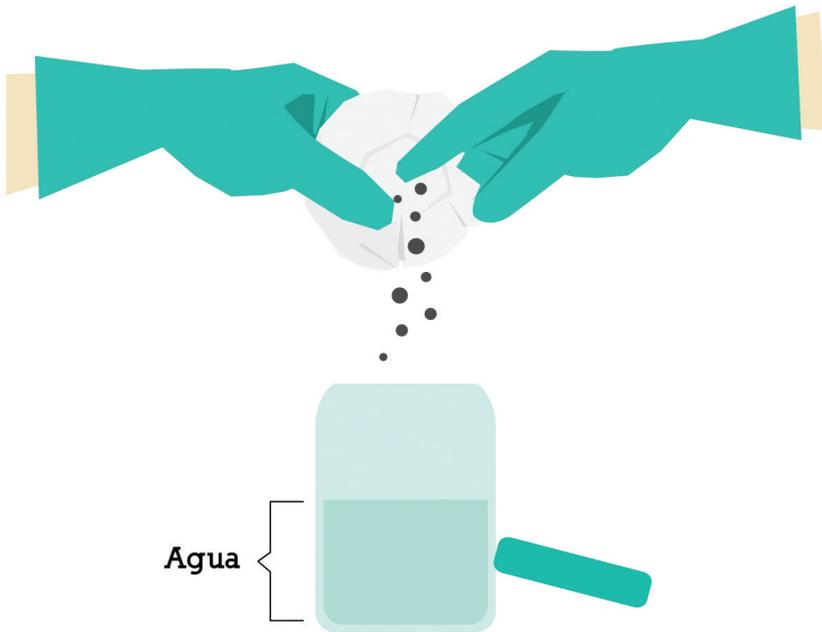


Figura 15. Recolección de residuos de amalgama, después de la obturación del o los dientes.

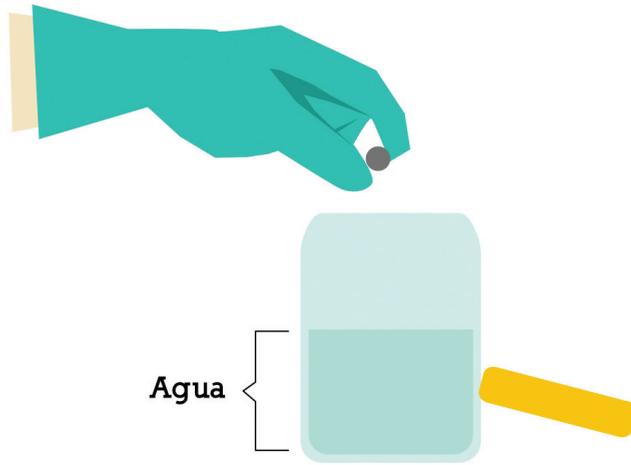


Figura 16. Recolección de residuos de amalgama con saliva, después de la obturación del o los dientes.

Se recomienda que la cantidad de agua con la que se llenen los recipientes antes mencionados, sea mayor que el excedente en proporción 3:1. Es importante manejar estos desechos con guantes de látex o vinil, en el caso de ser alérgico al látex.

Los separadores de amalgama también resultan ser una buena opción para limitar al máximo la generación de sus residuos y evitar en mayor medida su descarga en aguas residuales, éstos deben cumplir un estándar de calidad (<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11143:ed-2:v1:en>).

En cuanto al problema de desecho, se debe tomar en cuenta que la falla en el procedimiento de la amalgama dental tiene dos puntos críticos, uno al momento de retirar el excedente de mercurio, ya que al exprimirla con el paño, existe una tendencia a verter el excedente en el lavabo. Otro punto crítico resulta del desecho que no se ocupa para rellenar la cavidad en el diente y que se retiene en la rendija del sistema de eyección, lugar en donde se irá arrastrando hacia el sistema del drenaje de manera gradual hasta el momento en que se haga limpieza de la rendija. También se debe tomar en cuenta que en muchas ocasiones la cantidad total de amalgama generada para la obturación de los dientes va a tener excedentes, que en algunos ca-

Los restos también se desechan en el bote de basura, lo que representa otro problema a considerar en el manejo de los desechos tóxico-peligrosos para el ambiente y la salud humana (Hiltz, 2007). El hecho de que los metales que componen la amalgama queden en el bote de basura, puede representar el riesgo de que los mismos sean inmolados en los vertederos de basura y, que en consecuencia, se emane una cantidad mayor de contaminantes altamente dañinos para el ambiente y los seres vivos (CESOP, 2012).

7.2. Manejo de los residuos de cements

Se debe tener cuidado en la preparación de los cements odontológicos con óxido de zinc, así como en el caso de la amalgama dental, ya que es importante procurar utilizar las cantidades de sus componentes de la forma más adecuada y con la medida necesaria para evitar que se desperdicie material. No siempre será posible evitar que se produzcan excedentes, la práctica dental, como muchas otras actividades, siempre presenta dificultades e imprevistos, pero existe la posibilidad de manejarlos de una manera oportuna como se describe a continuación.

Aunque poco se conoce del zinc respecto a los daños en la salud que puede representar su exceso, las repercusiones que tiene este elemento para la salud humana se ha considerado cada vez más, ya que investigaciones científicas señalan problemas emergentes que se vinculan con el zinc (ASTRE, 2005; Bitanihirwe & Cunningham, 2009).

Una de las formas que se propone en el presente manual para el desecho de residuos de óxido de zinc, es colocarlos en un recipiente de polipropileno con agua, y se sugiere una taparroca blanca (figura 17).

Como se comenta en el capítulo que aborda la composición de los materiales dentales, cuando el cemento se esparce sobre la superficie de una loseta de vidrio, es difícil quitarlo cuando se seca, por lo que es importante juntar con la espátula el excedente en un punto de la superficie donde se mezcla el cemento, en la mayor medida posible. El cemento que quede adherido a la superficie de la espátula, también puede ser removido con algodón (figura 18).

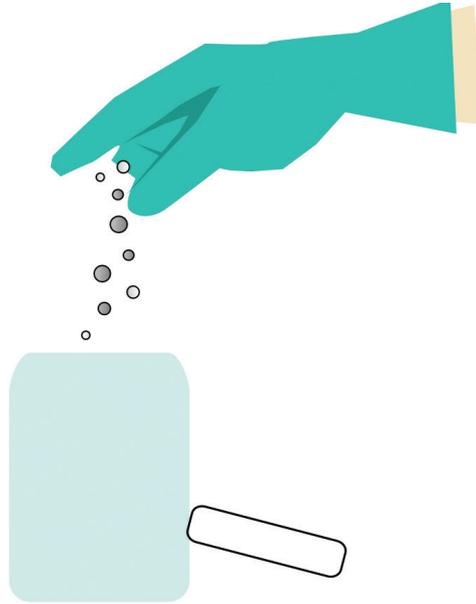


Figura 17. Envase para recolección de residuos de cementos de óxido de zinc.



Figura 18. Limpieza de la espátula de cementos con cemento de óxido de zinc adherido.

En el caso de los cementos más duros, o que deban esparcirse en una mayor superficie de la loseta de vidrio, como son los casos del cemento de fosfato de zinc o el de policarboxilato, deberán removerse con algodón que se embeba previamente en alcohol, naranja solvente, o una solución de sodio y agua (Hatrack, 2012), y posteriormente deberán disponerse en un recipiente opaco con tapa azul (figura 19). En algunos casos, el cemento seco restante que quede sobre la loseta, podrá ser removido con un limpiador ultrasónico (figura 20).

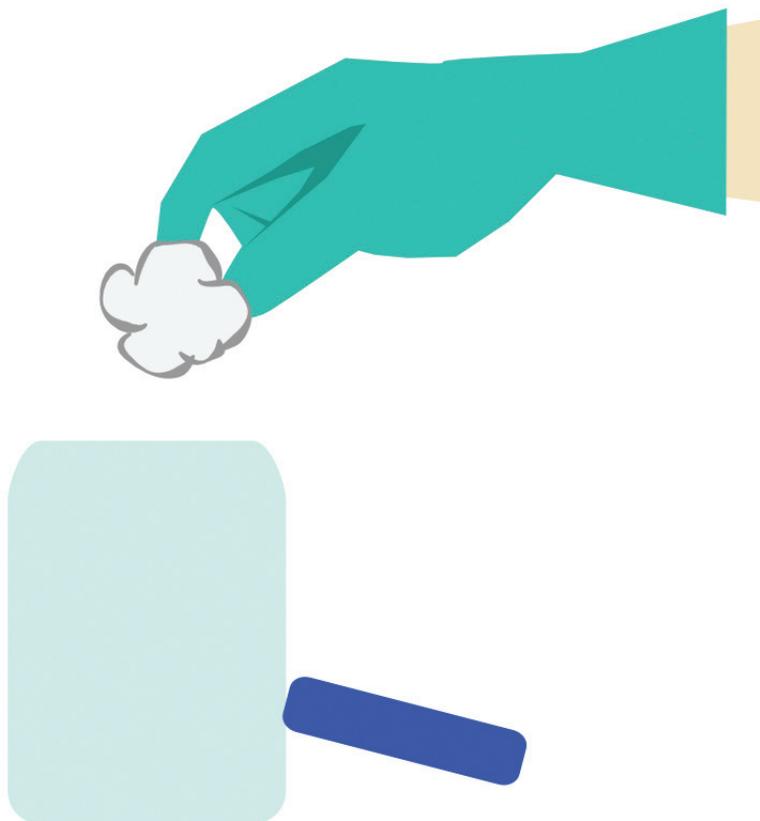


Figura 19. Recolección de residuos de algodón con excedente de zinc.

En el caso de la pasta zinquenólica es importante esperar a que seque, para poder retirarlo con el algodón, tanto de la espátula con que se mezcla y coloque, como en la loseta de vidrio, y tirarla en el recipiente destinado a los residuos de cementos compuestos por zinc (figura 21).



Figura 20. Utilización del instrumento ultrasónico para retirar residuos de cementos de zinc.

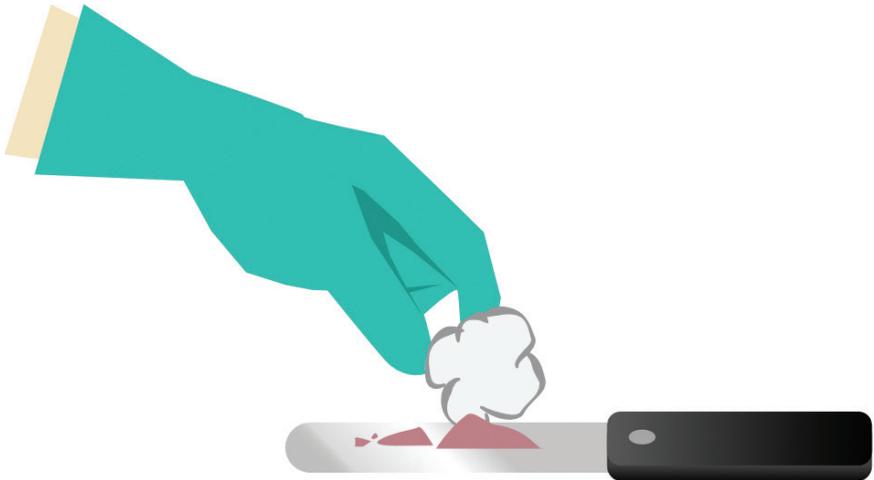


Figura 21. Recolección de residuos de algodón con excedente de zinc.

Es importante procurar utilizar la menor cantidad de algodón posible para realizar la limpieza del instrumental, hacerlo en los momentos más adecuados para cada caso específico influirá en la posibilidad de ahorrar tiempo, algodón y agua.

7.3. Manejo del material sedimentado en el sistema de eyección

El sistema de eyección de la unidad de trabajo, cuenta con una reglamentación en su construcción, la cual señala el sistema de eyección debe tener filtros o rendijas que atrapen los residuos sólidos que se extraen de la boca del paciente como restos de materiales que son utilizados en los procedimientos odontológicos. Después de un tiempo, estos sistemas requerirán de mantenimiento y limpieza, por lo que deberán extraer los materiales sedimentados en dicha rendija.

En el presente manual se propone que dicho material se recolecte en un galón de polipropileno rojo, con agua. Se sugiere que se rotule con el símbolo de RPBI y tenga una taparrosca morada (figura 22).



Figura 22. Recolección de residuos del sistema de eyección.

7.4. Manejo del desecho de los componentes del material radiográfico

Las láminas de plomo no deben ser desechadas en el bote de basura ya que su composición resulta muy dañina para el ambiente. Se recomienda que las láminas de plomo se recolecten en un envase de polipropileno que pueda abrirse y cerrarse fácilmente. Es importante que las láminas de plomo se recolecten así para evitar el contacto con el oxígeno y éstas se degraden en el aire, o bien, se oxiden. Se ha hecho énfasis en la disposición final de la lámina de plomo, sin embargo, es importante entender que cada uno de los componentes de los paquetes radiográficos individuales debe ser separado y colocado en distintos recipientes (figuras 23, 24 y 25), ya que contienen plomo y al desecharse en el basurero, pueden llegar a ser incineradas junto con residuos sólidos comunes (Guedes *et al.*, 2009; Maddalena, 2010)

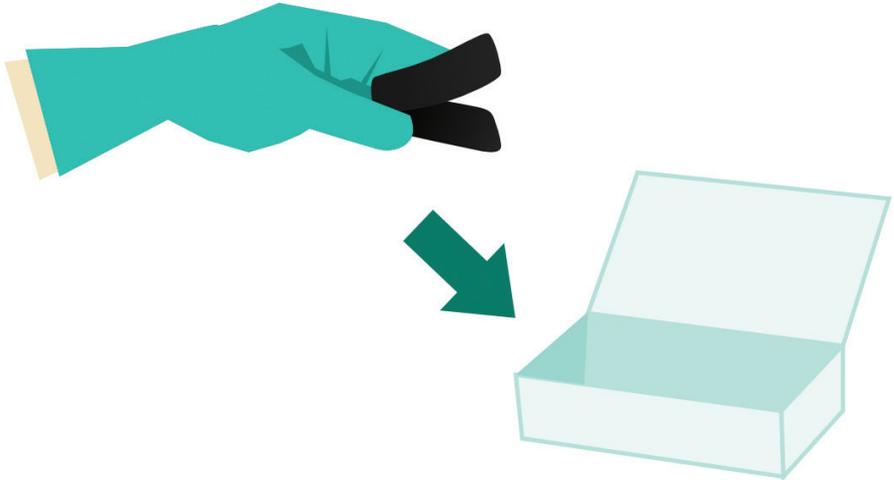


Figura 23. Recolección de lámina de papel negro del paquete radiográfico individual.

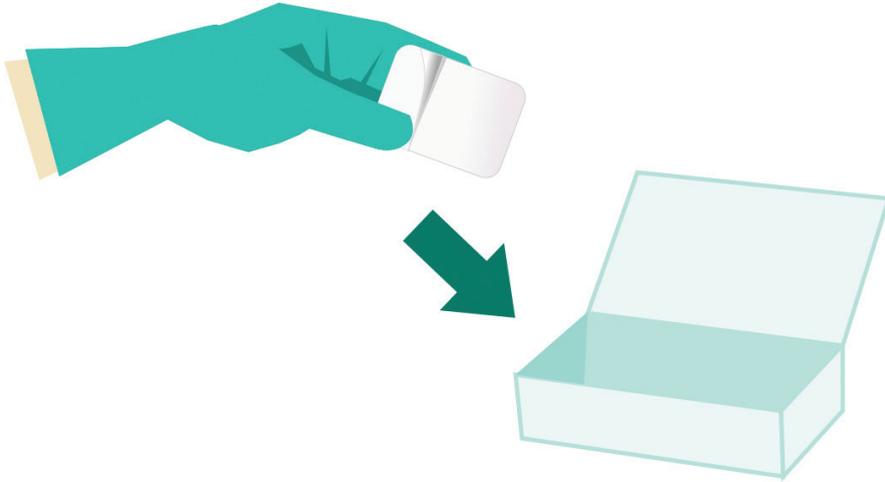


Figura 24. Recolección del envoltorio vinílico del paquete radiográfico individual.

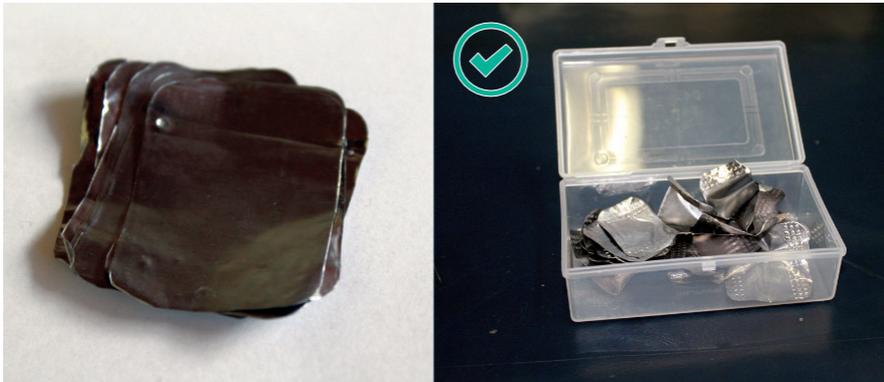


Figura 25. Recolección de láminas de plomo del paquete radiográfico individual.

Es muy importante que en el proceso de revelado y fijado de la imagen radiográfica se tenga cuidado para evitar que la lámina de plomo se moje con los líquidos radiográficos, ya que la combinación de la lámina de plomo con los líquidos puede generar fragilidad en esta lámina y que desprenda partículas que resultan altamente tóxicas para el ser humano (figura 26).

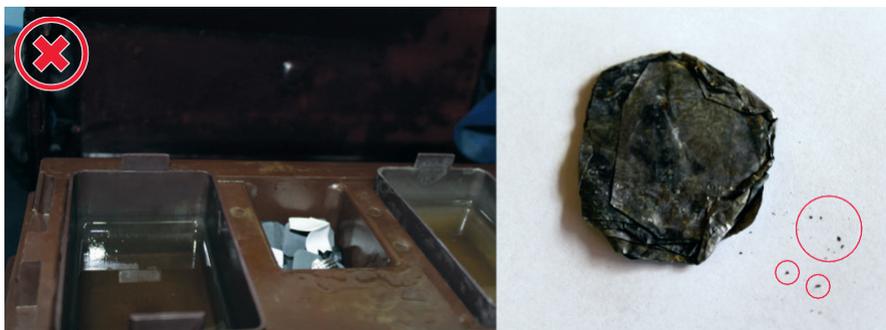


Figura 26. Partículas de láminas de plomo que se mojaron con los líquidos radiográficos.

7.5. Manejo de los residuos de los líquidos radiográficos

Además de que estos líquidos están conformados con sustancias altamente tóxicas, tras su función en el proceso de revelado, contienen los haluros de plata que se desprendieron a partir de las películas radiográficas, por lo que resulta de suma importancia hacer la recolección de los mismos ya que no bastaría con su neutralización (figura 27). Uno de los compuestos que se forman en el líquido fijador, tras haber fijado la imagen de la película radiográfica, es el tiosulfato de plata que es sumamente tóxico para el ambiente (Hiltz, 2007).



Figura 27. Evitar tirar los residuos de los líquidos para el procesado de la radiografía dental en el sistema de drenaje.

La recolección de los líquidos radiográficos que pierden sus propiedades para la obtención de la imagen radiográfica, deben desecharse en 3 galones de polipropileno por separado, uno rojo con taparrosa color marrón, por ejemplo, para el residuo de líquido revelador, uno verde con tapa verde para el agua de baño de paro y otro galón azul con tapa color azul, para recolectar el residuo del fijador (figura 28).

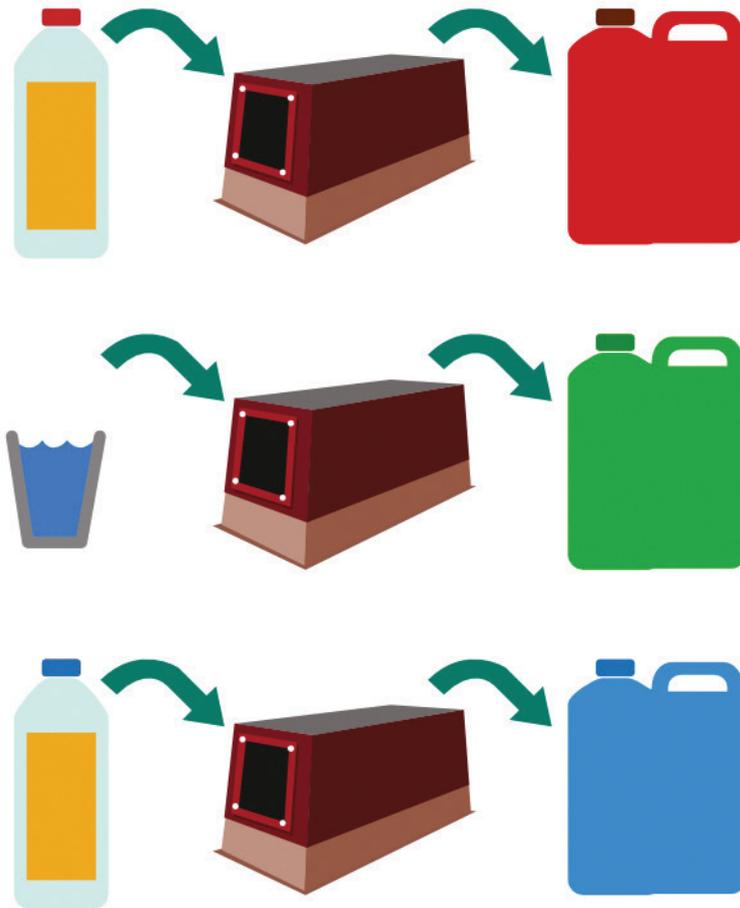


Figura 28. Recolección de los líquidos radiográficos residuales.

7.6. Manejo de radiografías insatisfactorias o que hayan cumplido más de cinco años en los expedientes de los pacientes

En ocasiones se presentan fallas en la toma o en el proceso de las radiografías dentales, por lo que es importante que éstas no sean arrojadas al cesto de basura, si no que se recolecten, al igual que las láminas de plomo, en un contenedor de polipropileno. Es importante considerar que las radiografías dentales, al cabo de 5 años de permanecer en el expediente clínico, pueden desecharse, sin embargo, vale la pena conocer que éstas tienen un valor recuperable, pues se puede, por ejemplo, obtener plata coloidal mediante procesos de electrólisis a partir de las mismas (figura 29).

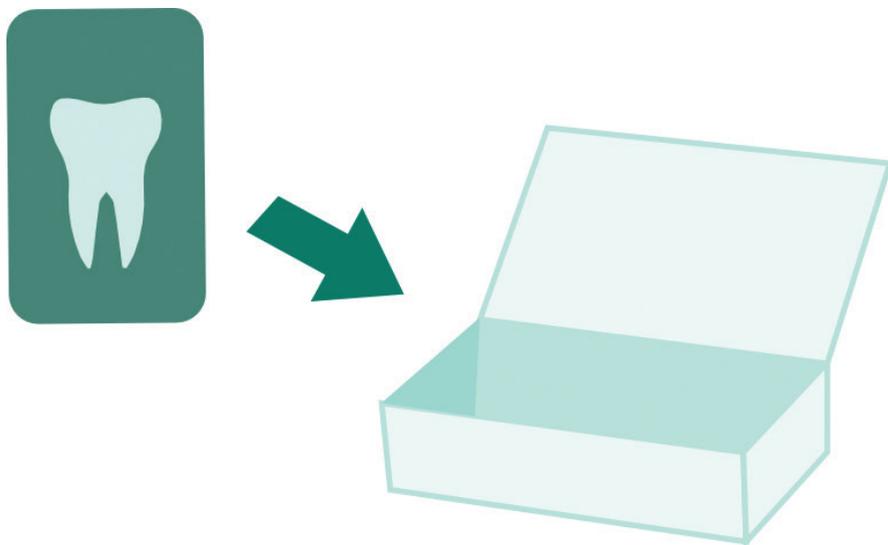


Figura 29. Recolección de lámina de plomo del paquete radiográfico individual.

7.7. Etiquetado de los contenedores de residuos

Para el manejo de estos residuos es fundamental llevar a cabo el etiquetado de los recipientes utilizados para su recolección. Las etiquetas deben contener datos que ayuden a identificar algunas características de los residuos, de esta manera se puede colaborar para una recuperación del valor económico de los mismos. Algunos de estos datos podrían ser la fecha en que comenzó a recolectarse el residuo, su clasificación según las hojas de seguridad de CRETIB, procedimiento del cual

se derivan los residuos, las precauciones que se deben tener con los residuos, el contenido de metales de los residuos, la fecha en que se lleva a la empresa de reciclaje y otros datos. Lo anterior puede promover la concientización de los hábitos de desecho y reiterar la promoción de una cultura del reciclaje y colaborar para una economía circular (Hiltz, 2007; COTEC, 2017).

Existen hojas de datos de los distintos desechos que se han abordado en el presente manual, que pueden ser útiles para identificar las características de los residuos según CRETIB.

Tabla 6. Ejemplos de etiqueta para registrar información sobre los residuos contenidos en los envases.

Número de fila de etiqueta	Concepto	Ubicación
1	Tipo de residuo	Se identificará si es residuo de amalgama, líquidos radiográficos, lámina de plomo o residuos de materiales con zinc.
2	Clasificación según CRETIB	Normalmente en este caso se colocará la letra T por su característica tóxica, pero se colocará también otra letra de ser necesario. Por ejemplo R de Reactivo o I de Inflamable.
3	Procedimientos a partir de los que se recolectan los residuos.	Puede ser de una obturación con amalgama, del revelado de la radiografía dental, etc.
4	Componentes metálicos	Los que se conocen según la bibliografía, en caso de existir otros en las especificaciones del fabricante, hay que agregarlos.
6	Precauciones especiales conocidas	Si existen algunas precauciones conocidas, a manera de cortesía con la empresa de reciclaje es importante reiterar las medidas que ya se conocen desde el campo de la odontología.
7	Fecha de inicio y lugar de recolección.	Día/mes, año y dirección del centro de atención a la salud, consultorio dental o institución educativa.
8	Fecha de entrega al centro de procesado.	Día/mes, año y dirección del centro de procesado de los residuos.

Tabla 7. Ejemplos de empresas para reciclaje de metales (para más información consultar el Directorio de Centros de Acopio de Materiales Provenientes de Residuos en México 2010 de la SEMARNAT).

Nombre de la empresa	Metales que recicla	Ubicación	Contacto
Metales Azteca A	Toda clase de metales. Servicio a domicilio.	San Luis km 11.5, Colonia González Ortega, Mexicali.	(686) 580 30 00 (686) 561 03 30
Procesadora Sacome	Toda clase de metales. Servicio a domicilio.	24 de Febrero 21481, Lomas del Matamoros, Tijuana.	(664) 645 7959 (664) 629 4977 tijuana@sacomemx.com www.sacomemx.com
Reciclajes TNT	Metales.	Av. Primo de Verdad 1612, Col Lucio Cabañas, Durango.	(618) 813 9884
Comercializado Tezoyuca	Metales.	Carretera Lechería - Texcoco km 30.5, Ampliación Tezoyuca	9566 813 cotesacd@prodigy.net.mx
Metal Comercial Texcoco, S.A. de C.V.	Metales.	Camino sin nombre s/n, Texcoco	(594) 9344 594 mjimenez@mecotex.com.mx
Zugma Metals, S.A. de C.V.	Metales.	Calle 1 s/n, Aguaruto.	5796 2530 gsanfelice@hotmail.com
Rodoprotector	Chatarra - Compra y Venta, Metales, Plomo.	Alpes 2816, Guadalajara	(33) 3171 1657 (33) 1026 6417
Encuadernación del Pacífico	Reciclaje de metales	Río Grande 207, Puerto Vallarta.	(322) 22 292 29

8. RELEVANCIA DEL MANEJO ADECUADO DE ESTOS DESECHOS DE ACUERDO CON DATOS ESTADÍSTICOS

8.1 *Relevancia del manejo de los residuos tóxicos en la atención a la salud bucal en México*

Dentro de la práctica odontológica en México, se presentan cifras que aproximan al conocimiento de la actividad profesional que se realiza actualmente, y que ayudan a entender las fluctuaciones de fuerza laboral, su concentración dentro de cada uno de las demarcaciones geográficas y sus características en cuanto a la necesidad de cobertura del servicio para la población a nivel nacional (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2017).

Los datos acerca de la fuerza laboral odontológica en los Servicios de Salud de la SSA a nivel nacional, en el año 2009, mostraron aumento en el número de odontólogos (pasantes, generales y especialistas) de 5,161 en el 2001 a 7,458 en el 2009, con un incremento de 44% y con una fluctuación del 78 al 80 % ubicados en unidades de consulta externa y del 20 al 22 % en unidades de hospitalización (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, Dirección General de Epidemiología/Dirección General de Epidemiología/Secretaría de Salud [SINAVE/DGE/SSA], 2010).

De acuerdo con la Asociación Dental Mexicana, en el año 2010 se estimó que aproximadamente 151,622 profesionistas de la salud bucal cuentan con los requisitos legales personales para ejercer esta actividad, cifra que se relaciona directamente con la cantidad de personas que tienen o tenían la posibilidad de ejercer en algún momento la profesión odontológica, a pesar de que se considere que la mitad de esta población es la que laboraba cotidianamente en ese mismo año (Novelo *et al.*, 2013).

A nivel nacional, en el año 2010, se registró que se realizaron 1, 781,601 Amalgamas dentales, 947,375 curaciones temporales y que 295,965 radiografías fueron tomadas.

De acuerdo con datos específicos sobre las actividades de los odontólogos en las dependencias del Sector Salud y el uso de materiales dentales que contienen metales pesados, se registró en el Sistema Nacional de Salud en el año 2014, en las 16 delegaciones de la Ciudad de México, que se realizaron alrededor de 158,560 obturaciones con amalgama, 113,459 curaciones temporales y 21,521 radiografías mientras que en la Agenda Estadística de la Secretaría de Salud del Distrito Federal, se menciona un aproximado de 143,176 obturaciones con amalgama dental, 105,953 curaciones provisionales y 18,262 radiografías en el año 2015 (Secretaría de Salud del Distrito Federal [SSDF], 2015).

En el caso de la práctica privada, se puede hacer referencia a un estudio que se llevó a cabo en un grupo de 276 dentistas de la Ciudad de México, en el cual predominó la obturación con amalgama con 26.3% del total de las actividades que realizaron durante 5 días consecutivos de servicio dental, que representó 2,972 obturaciones con amalgama realizadas por 276 odontólogos encuestados (Lara, Irigoyen & López, 2001).

Las cifras mencionadas anteriormente permiten evidenciar la importancia enfatizar las recomendaciones para el manejo adecuado de los desechos de materiales dentales constituidos con metales pesados.

8.2. Relevancia del manejo de los residuos tóxicos en atención a la salud bucal en la escala Internacional

En el ámbito internacional, también existe una problemática vinculada con estos desechos, dada la evidencia que exponen distintos trabajos de investigación en el mundo. Algunos de estos trabajos abordan el conocimiento o las actitudes que presentan los profesionistas de la salud bucal, relacionadas con el manejo de los residuos de materiales que han sido abordados en este manual.

En un estudio realizado en Sudán, el 43 % de 200 dentistas encuestados expresaron limitaciones para hacer una adecuada disposición de los desechos generados en la práctica odontológica (Asgad, Elhadi & Elnour, 2014).

En cuanto a la disposición final de los desechos de amalgama, en otro estudio realizado en el norte de la India 40.6 % de 200 dentistas

encuestados mencionaron que tiraban los residuos sólidos de la amalgama al basurero (Singh *et al.*, 2014). En Indore, en otra región de la india, de 105 dentistas encuestados, solamente el 11 % de los practicantes colectaba el residuo de mercurio (Khandelwal, Khandelwal & Thakur 2013). En Nairobi el 77 % de 50 practicantes no sabían de la toxicidad del residuo de la amalgama dental (Osamong, Gathece, Kiumbi & Mutave, 2005).

En relación con la actividad de diagnóstico radiográfico y las actitudes que presentaron los odontólogos, tanto en una ciudad de Brasil, como en otra localizada en el norte de la India, se evidenció en ambos estudios que alrededor de dos terceras partes de los odontólogos encuestados desechan las láminas de plomo directamente en el bote de basura. Al abordar el caso de los líquidos radiográficos, según el estudio ya mencionado que se realizó al norte de la India, de los 200 participantes en las encuestas, 51.6 % considera los líquidos para el procesado de la imagen radiográfica como residuos químicos y el 14.8 % asume su propiedad citotóxica (Singh *et al.*, 2014). Tomando en cuenta de igual manera el estudio realizado en Brasil, el 42 % de los odontólogos que participaron en el sondeo, mencionaron que arrojaban los líquidos al drenaje sin ningún tipo de tratamiento previo (Maddalena *et al.*, 2010). En ambos estudios coinciden en la necesidad de educar a los odontólogos en este sentido, y además señalan que las acciones preventivas resultan menos onerosas.

9. Recomendaciones

Los envases utilizados para la recolección de los residuos deben ser rígidos y con tapa hermética, y con una codificación que haga evidente la diferencia entre cada residuo recolectado, correctamente etiquetado o rotulado según la normatividad, como requisito mínimo. Es importante no llenar los recipientes con más del 80 % de su capacidad, almacenarlos en un lugar específico por no más de 30 días antes de su recolección (NOM-087-SSA1-2002). Puede resultar práctico apoyarse en una lista de control o “*checklist*” adecuada a las actividades que se realicen en la cotidianidad del lugar de servicio de salud bucal. Esto facilitará la estandarización del control y dará mayor fluidez y eficiencia en una práctica estomatológica ética, segura y responsable con el usuario del servicio y el entorno ambiental. En la tabla 7 se muestra un ejemplo que puede variar según sea el caso. Se debe marcar con un signo de revisado [✓] cada vez que se complete cada paso. Es importante tomar en cuenta las ideas que se plantean en un tema emergente llamado economía circular (COTEC, 2016; COTEC, 2017). La idea de economía circular propone entre otras cosas, la recuperación adecuada de los residuos para su recuperación y reutilización, así como, simultáneamente, hacer énfasis en la importancia de la prevención de enfermedades que requieran la utilización de los materiales dentales, reduciendo de esta manera su uso, y utilizándolos de una manera más eficiente y efectiva.

Los residuos con metales pesados:

- Evitar tirar los residuos de materiales dentales constituidos por metales pesados en el basurero común.
- Utilizar los métodos de barrera necesarios para la manipulación de estos desechos (guantes, cubrebocas y lentes de protección).
- Impedir que los metales pesados lleguen a los basureros municipales.
- Evitarse en lo posible la mezcla con otros desechos, pues esto complica el problema de la contaminación del ambiente.
- Dar prioridad a una cultura de la prevención en la salud de los seres vivos.
- Reforzar la cultura del reciclaje y uso eficiente de los materiales dentales.
- Conocer las alternativas de empresas recicladoras.

Tabla 7. Ejemplo de *checklist* (según la codificación sugerida).

Manejo de desechos		
✓	Recipiente opaco con taparroasca	Verde oscuro–excedente de mercurio Verde claro–excedente de amalgama
✓	Recipiente de plástico con taparroasca	Amarilla–amalgama con saliva Blanca–residuos Azul–algodón con cemento
✓	Recipiente de un galón rojo con símbolo de RPBI y tapa morada	
✓	Caja de polipropileno para recolección de	Láminas de plomo Cartoncillo negro Envoltura de vinil Radiografías insatisfactorias Radiografías de expedientes clínicos antiguos
✓	Galones de polipropileno	Rojo–Residuo de líquido de revelado Verde–Residuo de agua para baño de paro Azul–Residuo de líquido fijador

10. Conclusiones

Este manual está dirigido a alumnos de odontología, profesores, profesionistas y colaboradores que participan en el ejercicio de la atención a la salud bucal y se sugiere una manera factible y de bajo costo para llevar a cabo el manejo adecuado de los materiales de mayor uso en el ámbito de la práctica dental, reforzando la atención y cooperación con los objetivos planteados para el desarrollo sostenible en los programas de Naciones Unidas, así como para la participación en una “economía circular”. Dentro de posturas ambientalistas, la idea de economía circular es la que más se acerca a las posibilidades de atender la realidad actual de la actividad odontológica en México. La actividad odontológica se enfoca en prevenir y resolver afecciones en la salud bucal y por lo tanto en la salud humana, por lo que es imprescindible salvaguardar, de igual manera, la salud del ambiente en el que no sólo vive el ser humano, sino también otras si no también otras especies que coexisten.

11. Bibliografía

1. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (1999). *Resumen de salud pública Mercurio CAS#: 7439-97-6*. Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU Servicio de Salud Pública División de Toxicología y Medicina Ambiental. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs46.pdf
2. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (1990). *Resumen de salud pública Plata CAS#: 7440-22-4*. Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU. Servicio de Salud Pública División de Toxicología y Medicina Ambiental. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs146.pdf
3. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2005). *Resumen de salud pública estaño y compuestos de estaño*. Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU Servicio de Salud Pública División de Toxicología y Medicina Ambiental. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs55.pdf
4. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2004) *Resumen de salud pública cobre CAS#: 7440-50-8*. Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU Servicio de Salud Pública División de Toxicología y Medicina Ambiental. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs132.pdf
5. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016) *Resumen de salud pública plomo*. Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU Servicio de Salud Pública División de Toxicología y Medicina Ambiental. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html
6. Ahumada, R. B. (1994). Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb y Zn) en tejidos de invertebrados bénticos de Bahía de San Vicente, Chile. *Revista de Biología Marina*, 29(1), 77-87.
7. American Dental Association. Oral Health Topics. (2017). Amalgam Separators and Waste Best Management. [Separadores de amalgama y mejor manejo de sus residuos]. Recuperado de <http://www.ada.org/en/member-center/oral-health-topics/amalgam-separators>
8. Anusavice, K. J. (2008). *Phillips: ciencia de los materiales dentales*. 11a ed. Barcelona. Elsevier.
9. Asgad, M. A., Elhadi, M. A. y Elnour, I. E. (2014) Dentists knowledge, attitude and practice towards dental waste management in

-
- private clinics - khartoum locality. [Conocimiento, actitud y prácticas de los dentistas, encaminadas al manejo de residuos en clínicas privadas, localidad de Jartum] *International Journal of Latest Research in Science and Technology*. 3(4), 93-96.
10. Barceló, S. F. H. y Palma C. J. M. (2015). *Materiales dentales: conocimientos básicos aplicados*. México: Trillas.
 11. Bitanirwe, B. K. y Cunningham, M. G. (2009). Zinc: the brain's dark horse. *Synapse*, 63(11), 1029-1049.
 12. Camdessus, M., Badré, B., Chéret, I. y Ténrière, P. (2006). *Agua para todos*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.
 13. Cebrián, M., (2007). Elaboración de contenidos para materiales de difusión con información sobre sustancias tóxicas y riesgos ecotoxicológicos. Instituto Nacional de Ecología (INE). México.
 14. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. (2012). Residuos Sólidos Urbanos en México. Cámara de Diputados LXI Legislatura. Num. 51. Recuperado de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yOhLbDsPXJwJ:www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/274147/851591/file/Reporte-51-Residuo-solidos-urbanos-Mexico.pdf+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=mx>
 15. Chang, R. (2002). *Química*. 7ª Ed. México, D.F.
 16. Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios, (2015). Guía de buenas prácticas de uso de mercurio en consultorios dentales. México, D. F. Recuperado de <http://www.elvigia.net/general/2015/11/9/expone-cofepris-guia-sobre-buen-mercurio-colegio-dentistas-216887.html>
 17. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (2011) Guía de Buenas Prácticas de Uso de Mercurio en Consultorios Dentales. Recuperado de <http://web.ssaver.gob.mx/enfermedades-transmisibles/files/2015/04/GUIA-DE-USO-DE-MERCURIO.pdf>
 18. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación (DOF). México, D.F. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_220515.pdf
 19. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente. Diario Oficial de la Federación (DOF). México, D.F. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_240117.pdf
 20. Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (24-01-2017). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_240117.pdf

21. COTEC (26-06-2017). Economía Circular: descubre lo que es antes de que reviente el Planeta. #EconomíaCircular [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Lc4-2cVKX-p0&t=256s>
22. COTEC. (2016). Situación de la economía circular en España. Recuperado de <http://cotec.es/media/informe-CotecISBN-1.pdf>
23. Danaei, M., Karimzadeh, P., Momeni, M., Palenik, C. J., Nayebi, M., Keshavarzi, V. y Askarian, M. (2014). The Management of Dental Waste in Dental Offices and Clinics in Shiraz, Southern Iran. [El manejo de los desechos odontológicos en consultorios y clínicas dentales en Shiraz, sur de Irán] *Int J Occup Environ Med*, 5(1), 18-23.
24. Davó-Blanes, C., Vives-Cases, C., Álvarez-Dardet, C., Segura-Benedicto, A., Bosch, F. y Benavides, F. (2014). Competencias y contenidos comunes de salud pública en los programas universitarios de grado: fisioterapia, terapia ocupacional, ciencias ambientales, odontología y veterinaria. *Gac Sanit.* 28(2), 123-128
25. Deshpande, A., Verma, S. y Macwan, C. (2014). Allergic Reaction Associated with the use of Eugenol Containing Dental Cement in a Young Child. [Reacción alérgica asociada con el uso de cementos dentales que contienen eugenol] *Austin J Dent.* 1(2), 1007.
26. Duffus, J. (2009). Heavy metals a meaningless term? IUPAC Technical Report. [Metales pesados, ¿Un término sin significado?] *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), 793-807.
27. Ely, B. M. (1997). The future of dental amalgam: a review of the literature. Part 2: mercury exposure in dental practice. [El futuro de la amalgama dental: revisión literaria. Parte 2: exposición al mercurio en la práctica dental] *British Dental Journal*, 182(8), 293-297.
28. Fernandes, G. S., Azevedo, A. C. P., Carvalho, A. C. P. y Fagundes, A. C. G. (2005). Análise e gerenciamento de efluentes de serviços de radiologia. [Análisis y gestión de efluentes de servicios de radiología] *Radiol Bra*, 38, 355-358.
29. Fernández, A., Yarto, M. y Castro, J. (comps.). (2004). Las sustancias tóxicas persistentes en México. Instituto Nacional de Ecología -Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (INE-SEMARNAT). México.
30. Gil, M., Torres, A., Harvey, M. y Esteves, J. (2006). Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41(2), 167-176.

-
31. Guedes, D. F. C., Silva, R. S., Veiga, M. A. M. S. y Pécora, J. D. (2009). First detection of lead in black paper from intraoral film: an environmental concern. [Primera detección de plomo en papel negro de película intraoral: una preocupación ambiental] *J Hazard Mater*, 170, 855-860.
 32. Habashi, F. (1998). "Discovering the 8th Metall" A history of Zinc ["Descubrimiento del 8vo metal" Una historia del Zinc]. Bruselas.
 33. Hatrick, C. D. (2012). Materiales dentales: aplicaciones clínicas. México: Manual Moderno.
 34. Haring, J. I. y Jansen. L. (2002). Radiología dental: principios y técnicas. México: McGraw-Hill Interamericana.
 35. Hiltz, M. (2007). The Environmental Impact of Dentistry. [Impacto de la práctica dental en el ambiente] *JCDA*, 73(1), 59-62.
 36. Horsted, B. P. (2004). Amalgam toxicity—environmental and occupational hazards. [Toxicidad de la amalgama- Riesgos ambientales y laborales] *Journal of dentistry*, 32, 359–65.
 37. Instituto Nacional de Ecología (26-06-2017). Elaboración de contenidos para materiales de difusión con información sobre sustancias tóxicas y riesgos ecotoxicológicos. Recuperado de http://www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/2007_inf_materiales_difusion_sqre.pdf
 38. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático / Secretaría de Medio Ambiente y Recurso Naturales [INECC/SEMARNAT]. (2012). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. Recuperado de http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/diagnostico_basico_extenso_2012.pdf
 39. Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2017). Estadísticas de salud en establecimientos particulares. Fecha de actualización: jueves 14 de agosto de 2017.
 40. International Organization for Standardization. (2008). ISO 11143: 2008 Dentistry--Amalgam separators. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/42288.html>
 41. Jones L., Bunnell J. y Stillman J. (2007). A 30-year follow-up of residual effects on New Zealand School dental nurses, from occupation mercury exposure. [Seguimiento de efectos residuales durante 30 años en asistentes dentales de Nueva Zelanda, de las ocupaciones con exposición al mercurio] *Human Exper Toxicol*, 26, 367-74.
 42. Khandelwal, V., Khandelwal, S. y Thakur, J. S. (2013). Health care waste disposal among private dentist in an Indian city: it's time to act. [Disposición final de residuos sanitarios en la práctica odonto-

- lógica privada en una ciudad de la India: es hora de actuar] *Disp Int J Infect Control*, 9(12), 1-5. doi: 10.3396/ijic.v9i2.016.13
43. Lara, N., Irigoyen, M. y López, V. (2001). Patrones de prestación de servicios en un grupo de odontólogos de práctica privada en la ciudad de México. *Revista de Ciencias Clínicas*, 2(2), 89-94.
 44. León, M. J. M. y Sepúlveda J. G. (2012). El daño por oxidación causado por cobre y la respuesta antioxidante de las plantas. *Interciencia*, 37, 805-811. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33925550003>
 45. Lonnroth, E. C., Shahnava, H. (1998). Adverse health reactions in skin, eyes and respiratory tract among dental personnel in Sweden. [Reacciones adversas en piel, ojos y tracto respiratorio en personal dental en Suecia] *Swed Dent J*, 22(1-2), 33-45.
 46. Mackey, T. K., Contreras, J. T. y Liang, B. A. (2014). The Minamata Convention on Mercury: attempting to address the global controversy of dental amalgam use and mercury waste disposal. [La Convención de Minamata sobre el mercurio: tratando de abordar la controversia global del uso de la amalgama dental y la disposición final de los residuos de mercurio] *The Science of the Total Environment*, 472, 125-129.
 47. Maddalena, D. I., Santos, E. E, Oliveira, C. R., Pereira, L. F. P., Pereira L. A. P. y Lopes D. K. (2011). Evaluación del destino dado a los residuos de materiales radiográficos por parte de los dentistas de la ciudad Juiz de Fora (Minas Gerais, Brasil). *Acta Odontológica Venezolana*, 49(3), 1-11. Recuperado de www.actaodontologica.com.
 48. Méndez, V. C. (2014). Manejo responsable del mercurio de la amalgama dental: una revisión sobre sus repercusiones en la salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31(4), 725-32.
 49. Menéndez, A. M., Weisstaub, A., Montemerlo, H., Alloatti, S., Guidoni, M. E., Rusi, F. y de Portela, M. L. (2008). Relación entre las cantidades de cobre y zinc administradas a pacientes graves con nutrición parenteral total y los niveles de cobre y zinc en plasma y eritrocitos. *Revista Nutrición Hospitalaria*, 23(4), 373-382.
 50. Miller, K. y Levine, J. (2004). *Biología*. México: Prentice Hall International.
 51. Morales, E., Lara, N. y Tamez, S. (2008). Riesgos ocupacionales, exigencias y daños a la salud en dentistas de tres delegaciones de la Ciudad de México. *Revista de Ciencias Clínicas*, 9(1), 27-33.

-
52. NMX-AA-051-SCFI-2001. Análisis de agua - Determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la NMX-AA-051-1981). México, D. F., 25 de marzo de 1980.
 53. Nair, M. K., Pettigrew, J. C., Loomis, J. S., Bates, R. E., Kostewicz, S., Robinson, B... Dolan, T. A. (2009). Enterprise-wide Implementation of Digital Radiography in Oral and Maxillofacial Imaging: The University of Florida Dentistry System. [Implementación en toda la empresa de la Radiografía Digital en Imágenes Oral y Maxilofacial: El Sistema de Odontología de la Universidad de Florida] *Journal of Digital Imaging: The Official Journal of the Society for Computer Applications in Radiology*, 22(3), 232–241. <http://doi.org/10.1007/s10278-008-9149-5>
 54. Novelo, A. V., Hernández, T. F., Gómez, B. E., Padilla, G. E., Villalba, E. I., Zarco, R. J., Contreras C. H. y Valencia, F. M., (2013). Panorama de la profesión de la odontología en México, 1970-2012. *Revista CONAMED*, 18(1), 4–13.
 55. Occupational Safety & Health Administration. (2012). Silver, Metal and Soluble Compounds (as Ag). Recuperado de https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_267300.html
 56. Organización de las Naciones Unidas. (2017). Objetivos de desarrollo Sostenible. 17 objetivos para transformar nuestro mundo. Recuperado de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
 57. Organización Internacional del Trabajo (1998). Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Ginebra.
 58. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2012). Environmental Outlook to 2050: *The Consequences of Inaction* [Revisión Ambiental hacia el 2050: Las consecuencias de la inacción]. Países Bajos. Recuperado de <http://www.oecd.org/centrodemexico/medios/49912980.pdf>
 59. Osamong, L. A., Gathece, L. W., Kisumbi, B. K. y Mutave, R. J. (2005). Management of dental waste by practitioners in Nairobi, Kenya. *African Journal of oral Health*. [Manejo de residuos odontológicos por practicantes de, Nairobi, Kenya] 2(1 & 2), 24-29.
 60. Parra, O. O. (1989) La eutroficación de la Laguna Grande de San Pedro, Concepción, Chile: un caso de estudio. *Ambiente y Desarrollo*, 1, 117-136
 61. Pôrto, B. K. F., Guerra, L. R. y Zanchin, B. E. F. (2012). Gerenciamento dos resíduos radiológicos em consultórios odontológicos da

- cidade de Pelotas (RS, Brasil). [Gestión de los residuos radiológicos en consultorios odontológicos de la ciudad de Pelotas (RS, Brasil)] *Arq Odontol, Belo Horizonte*, 48(4), 242-250.
62. Prieto G. F., Lucho, C. A., Poggi, V. H., Álvarez S. M. y Barrado, E. (2007). Caracterización fisicoquímica y extracción secuencial de metales y elementos trazas en suelos de la región Actopan-Ixmiquilpan del distrito de riego 03, Valle de Mezquital, Hidalgo, México. *Ciencia Ergo Sum*, 14(1), 69-80.
 63. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2013). *Convenio de Minamata sobre el Mercurio*. Recuperado de <http://www.mercuryconvention.org/Convention/tabid/3426/Default.aspx>
 64. Prüss, A. y Townsend, W. K. (1998). Teacher's guide: management of wastes from health-care activities. [Guía del profesor: manejo de desechos en actividades de atención a la salud] Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wsh9806/en/
 65. Secretaría de Salud del Distrito Federal. (2014). Agenda estadística 2014. Gobierno del Distrito Federal, Dirección General de Planeación y Coordinación Sectorial Dirección de Información en Salud México, D. F. Recuperado de http://data.salud.cdmx.gob.mx/portal/media/agenda2014_portal/inicio.html
 66. Secretaría de Salud del Distrito Federal (2015) Agenda estadística 2015. Gobierno del Distrito Federal, Dirección General de Planeación y Coordinación Sectorial Dirección de Información en Salud México, D. F. Recuperado de http://data.salud.cdmx.gob.mx/portal/media/agenda_2015/inicio.html
 67. NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México, D.F., 30 de octubre de 1996.
 68. NOM-002-ECOL-1996-SEMARNAT. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal México, D.F., 9 de diciembre de 1997.
 69. NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. México, D.F., 15 de diciembre de 2005.
 70. NOM-053-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. México, D.F., 23 de abril de 2003.
 71. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2010). Direc-

-
- torio de Centros de Acopio de Materiales Provenientes de Residuos en México 2010. Recuperado de http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/transparencia/transparenciafocalizada/residuos/Documents/directorio_residuos.pdf
72. NOM-087-ECOL-SSA1-2002. Protección ambiental. salud ambiental. residuos peligrosos biológico-Infecciosos - clasificación y especificaciones de manejo. México, D.F., 17 de febrero de 2003.
 73. Shraim, A., Alsuhaime, A. y Al-Thakafy, J.T. (2011). Dental clinics: A point pollution source, not only of mercury but also of other amalgam constituents. [Clínicas dentales: Una fuente puntual de contaminación, no sólo de mercurio sino también de otros constituyentes de la amalgama] *Chemosphere*. 84, 1133-9.
 74. Silva, T. P. y Herrera, V. J. J. (2004). Determinación de los componentes de las aguas residuales de los tanques de revelado de radiografías de laboratorios dentales. *Odovtos*, 6, 110-113.
 75. Silvestre, J. F., Albares, M. P., Blanes, M., Pascual, J. C. y Pastor, N. (2005). Allergic contact gingivitis due to eugenol present in a restorative dental material. [Gingivitis alérgica debido al contacto con eugenol presente materiales dentales restaurativos] *Contact Dermatitis*. 52(6), 341.
 76. Singh, R. D., Jurel S. K., Tripathi S., Agrawal K, K. y Kumari R. (2014). Mercury and other biomedical waste management practices among dental practitioners in India. [Manejo de los residuos de mercurio y otros desechos resultantes de las prácticas biomédicas por odontólogos en la India] *BioMed Research International*, Vol. 2014, Article ID 272750, 6 pages. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1155/2014/272750>.
 77. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, Dirección General de Epidemiología y Secretaría de Salud (SINAVE/DGE/SSA). (2010). Perfil epidemiológico de la salud bucal en México 2010. Recuperado de www.salud.gob.mx/www.dgepi.salud.gob.mx
 78. Smith, R. y Smith, T. (2001) *Ecología*. 4ª Ed. Madrid: Pearson Educación.
 79. Sotiriou, M., Ferguson S. F., Davey M., Wolfson J. M., Demokritou, P., Lawrence, J., Sax, S. N. y Koutrakis, P. (2007). Measurement of particle concentrations in a dental office. [Medición de las concentraciones de partículas en un consultorio dental] *Environmental Monitoring and Assessment*, 137, 351-361.
 80. NOM-013-SSA2-2015. Para la prevención y control de enfermedades bucales. SSA, 2016. México, D. F., 23 de noviembre de 2016.

81. NOM-059-SSA1-2015. Buenas prácticas de fabricación para establecimientos dedicados a la fabricación de dispositivos médicos. México, D.F., 15 de diciembre de 2014.
82. Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K. y Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. Molecular, Clinical and Environmental Toxicology. [Toxicidad de los metales pesados y el ambiente. Toxicología molecular, clínica y ambiental] *Experiential Supplementum*, 101, 133-164.
83. The National Institute for Occupational Safety and Health -NIOSH- (11-04-2016). Silver (metal dust and soluble compounds, as Ag). Recuperado de <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0557.html>
84. Tirado, A. L. R., González, M. F. D., Martínez, H. L. J., Wilches, V. L. A. y Celedón, S. J. N. (2015). Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en salud. *Revista Nacional de Odontología*, 11(21), 83-95 doi: <http://dx.doi.org/10.16925/od.v11i21.895>
85. Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relaciones*. 136, 41-71.
86. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. (2005). Toxicological profile for zinc. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S.A.
87. Uzzell, B. P. y Oler J. (1986). Chronic low-level mercury exposure and neuropsychological functioning. [Exposición crónica a niveles bajos de mercurio y el funcionamiento neurofisiológico] *J Clin Exp Neuropsychol*, 8, 581-93.
88. Waters, C. N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A. D., Poirier, C., Galuszka...Wolf, A. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. [El Antropoceno es funcionalmente y estratigráficamente distinto del Holoceno] *SCIENCE*. 351(6269), Página aad2622-1-10.
89. World Dental Federation. (2013). Understanding the Minamata Convention and its effect upon oral health care. Practical advice for dentists. [Entendiendo la Convención de Minamata y sus efectos sobre la salud bucodental. Consejos prácticos para dentistas] Recuperado de http://www.fdiworldental.org/media/56506/understanding_the_minamata_convention_and_its_impact_on_oral_health_guidelines_for_dentists.pptx
90. World Health Organization. (2003). Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. [*Mercurio elemental y compuestos inorgánicos: aspectos de la salud humana*] Recuperado de <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>

-
91. World Health Organization [WHO]. (1990). Environmental Health Criteria 101 Methylmercury. International Program on Chemical Safety (IPC). Recuperado de <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc101.htm>
 92. Yacuzzi, E. (2008). *Chisso Corporation y la enfermedad de Minamata*. Recuperado de http://www.cema.edu.ar/publicaciones/doc_trabajo.html.

*Manejo adecuado de desechos tóxicos en odontología, (metales pesados e insu-
mos radiográficos): una responsabilidad profesional*

se terminó de editar

en el mes de junio de 2018.

Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Xochimilco).

Diseño y formación: Nathalie Guzón André
nathalieguz@hotmail.com