



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

“DETERMINACION DE METALES PESADOS EN DIFERENTES
MUESTRAS POR EL METODO DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON EL FIN
DE EVITAR EL RIESGO SANITARIO EN LA POBLACIÓN DEL PAÍS”

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE
QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

PRESENTA:

ANGEL DANIEL RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

ASESORA: M.F.C. CECILIA HERNANDEZ BARBA

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
ASUNTO: VOTO APROBATORIO
EXAMENES PROFESIONALES CUAUTITLÁN

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.
EXAMENES PROFESIONALES

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Determinación de metales pesados en diferentes muestras por el método de absorción atómica con el fin de evitar el riesgo sanitario en la población del país

Que presenta el pasante: Angel Daniel Rodríguez Hernández

Con número de cuenta: 404088925 para obtener el Título de la carrera: Química Farmacéutico Biológica

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 18 de Febrero de 2015.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Q.F.B. Elia Granados Enriquez	
VOCAL	M.F.C. Cecilia Hernández Barba	
SECRETARIO	Q.B.P. Martha Elena García Corrales	
1er. SUPLENTE	Dra. Patricia Ramírez Noguera	
2do. SUPLENTE	Dra. Jazmín Flores Monroy	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

IHM/mmgm*

GRACIAS

A mis padres Lidia Hernández Herrera y Jacinto Rodríguez Hernández, por su incansable amor, apoyo y confianza.

A mis hermanos Rocío y Jesús por su cariño y estima que siempre me otorgaron.

A dios por brindarme la oportunidad de seguir adelante a pesar de todas las adversidades presentadas en el camino.

A los que ya no están o los que quizá no recuerde, por la enseñanzas y lecciones regaladas.

A mi asesora, amigos, académicos y a todas aquellas personas que contribuyeron directa o indirectamente a que se realizará este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México especialmente a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por enseñarme el sendero correcto que debo seguir en mi vida profesional y todo lo que conlleva.

Índice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Marco teórico
 - 3.1 Riesgo sanitario
 - 3.1.1 Prevención y protección de la salud
 - 3.1.2 Impactar en la salud pública
 - 3.1.3 Diagnóstico integral de riesgos
 - 3.2 Metales pesados
 - 3.2.1 Cadmio
 - 3.2.2 Cadmio en ostiones
 - 3.2.3 Plomo
 - 3.2.4 Plomo en alfarería vidriada
 - 3.2.5 Plomo en juguetes
 - 3.2.6 Mercurio
 - 3.2.7 Mercurio en agua, sedimento y pescado
 - 3.3 Absorción atómica
 - 3.3.1 Errores en espectrometría de absorción atómica
 - 3.3.1.1 Errores instrumentales
 - 3.3.1.2 Errores por factores químicos
 - 3.3.2 Análisis por flama
 - 3.3.3 Sistemas de muestreo de alta sensibilidad
 - 3.3.3.1 Sistema para mercurio por vapor frío
 - 3.3.3.2 Sistema de generación de hidruros
 - 3.3.3.3 Absorción atómica con horno de grafito
 - 3.3.3.4 ¿Cuándo horno, cuándo llama?
 - 3.4 Digestión por horno de microondas
4. Desarrollo experimental
 - 4.1 Equipo
 - 4.2 Material
 - 4.3 Reactivos
 - 4.4 Procedimiento general para la cuantificación de metales pesados en diferentes muestras
 - 4.5 Procedimiento para el tratamiento de muestras de alfarería vidriada
 - 4.6 Procedimiento para el tratamiento de muestras de juguetes
 - 4.7 Procedimiento para la cuantificación de plomo en alfarería vidriada y juguetes por EAA por la técnica de flama.
 - 4.8 Procedimiento para el tratamiento de muestras de ostión, pescado, sedimento y agua
 - 4.9 Cuantificación de mercurio en agua, sedimentos, pescado y ostiones por EAA por la técnica de generador de hidruros
 - 4.10 Cuantificación de cadmio y plomo en ostiones por EAA por la técnica de horno de grafito
 - 4.11 Cálculos para obtener la concentración de metales pesados
5. Resultados y discusión
 - 5.1 Resultados de plomo en alfarería vidriada
 - 5.2 Resultados de plomo en juguetes
 - 5.3 Resultados de mercurio en agua, sedimento y pescado
 - 5.4 Resultados de plomo, cadmio y mercurio en ostiones
6. Discusión de resultados
7. Conclusiones
8. Referencias
9. Apéndices
10. Glosario

Símbolo o Abreviatura	Significado
°C	Grados centígrados
µg	Miligramos
CCAYAC	Comisión de Control Analítico y Ampliación de Cobertura
Cm	Centímetros
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios
dL	Decilitro
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
EAA	Espectrofotometría de Absorción Atómica
EDL	Lámpara de Electrodo
G	Gramos
G.R.	Grado reactivo analítico
GLS	Separador Gas-Líquido
H	Horas
HCL	Lámpara de Cátodo Hueco
IARC	International Agency for Research on Cancer
Kg	Kilogramo
L	Litros
M	Molar
Mg	Miligramos
MHz	Mega Hertz
Min	Minutos
mL	Mililitros
Nm	Nanómetro
NMX-AA	Norma Mexicana para Análisis de Agua
NOM	Norma Oficial Mexicana
Pb, Cu, Hg, As, Cd, Zn, O, S, N, Ca, Fe	Plomo, cobre, mercurio, arsénico, cadmio, zinc, oxígeno, azufre, nitrógeno, calcio, hierro
Ppb	Partes por billón
Ppm	Partes por millón
RNA	Ácido Ribonucleico
S/E	Sin Especificación
SNC	Sistema Nervioso Central
SSA	Secretaría de Salud
UV-VIS	Ultravioleta-Visible

Índice de tablas

Tabla	Descripción	Página
I	Clasificación de piezas de alfarería	14
II	Límites máximos de plomo liberado en artículos de alfarería	14
III	Temperaturas de llama de pre-mezcla	25
IV	Generación de hidruros	27
V	Equipo	32
VI	Material	33
VII	Reactivos	34
VIII	Muestras de alfarería	36
IX	Muestras de juguetes	38
X	Muestras de agua, sedimento, pescado y ostiones	42
XI	Preparación de soluciones estándar por curva de calibración para la cuantificación de Pb en alfarería vidriada	51
XII	Concentración de plomo en violeteros	51
XIII	Informe de resultados de Plomo en violeteros	52
XIV	Concentración de plomo cazuelas	53
XV	Informe de resultados de Plomo en cazuelas	54
XVI	Concentración de plomo en cajetes	54
XVII	Informe de resultados de Plomo en cajetes	55
XVIII	Concentración de plomo en jarros	56
XIX	Informe de resultados de Plomo en jarros	57
XX	Concentración de plomo en plato y tazón de talavera	58
XXI	Informe de resultados de Plomo en plato y tazón de talavera	58
XXII	Muestras fortificadas de la determinación de plomo en alfarería vidriada	59
XXIII	Preparación de soluciones estándar por curva de calibración para la cuantificación de plomo en juguetes	59
XXIV	Concentración permisible de algunos metales pesados en juguetes	59
XXV	Concentración de plomo en juguetes	60
XXVI	Informe de resultados de Plomo en juguete de cocina	61
XXVII	Informe de resultados de Plomo en carrito azul de juguete	61
XXVIII	Informe de resultados de Plomo en carrito amarillo de juguete	62
XXIX	Informe de resultados de Plomo en carrito rojo de juguete	62
XXX	Informe de resultados de Plomo en rompecabezas	63
XXXI	Informe de resultados de Plomo en muñequitos de plástico	63
XXXII	Muestras fortificadas de plomo en juguetes	64
XXXIII	Preparación de soluciones estándar por curva de calibración para la cuantificación de mercurio en agua, sedimento y pescado	65
XXXIV	Límite máximo permisible de algunos metales en algunos alimentos como pescados frescos-refrigerados y congelados	65
XXXV	Concentraciones de mercurio en muestras de agua, sedimento y pescado	66
XXXVI	Informe de resultados de Mercurio en agua de presa	67
XXXVII	Informe de resultados de Mercurio en sedimento	67
XXXVIII	Informe de resultados de Mercurio en pescado	68
XXXIX	Muestras fortificadas de mercurio en agua, sedimento y pescado.	68
XXXX	Preparación de soluciones estándar por curva de calibración para la cuantificación de Cd en ostiones	69
XXXXI	Preparación de soluciones estándar por curva de calibración para la cuantificación de Pb en ostiones	69
XXXXII	Concentraciones de plomo, mercurio y cadmio en muestras de ostión	70
XXXXIII	Informe de resultados de Plomo, cadmio y mercurio en ostión 1	70
XXXXIV	Informe de resultados de Plomo, cadmio y mercurio en ostión 2	71
XXXXV	Muestras fortificadas de plomo, cadmio y mercurio en ostiones	72

Índice de figuras

Figura	Descripción	Página
I	Sistema de vapor frío	26
II	Bomba peristáltica para sistema de generador de hidruros	28
III	Horno de microondas para digestión	31
IV	EAA Marca Thermo adaptado con el generador de hidruros	39
V	EAA Marca Perkin Elmer	47
VI	Curva de calibración para la determinación de plomo en alfarería	83
VII	Curva de calibración para la determinación de plomo en juguetes	84
VIII	Curva de calibración para la determinación de mercurio en agua, sedimento, pescado y ostiones.	85
IX	Curva de calibración para la determinación de cadmio en ostiones	86
X	Curva de calibración para la determinación de plomo en ostiones	87

Introducción

La Secretaria de Salud teniendo como objetivo la protección de la comunidad nacional contra riesgos sanitarios, crea por decreto presidencial el 05 de julio de 2001 la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), pasando el Laboratorio Nacional de Salud Pública a formar parte como una de sus unidades administrativas.

El 13 de abril de 2004 se publica en el Diario Oficial de la Federación el reglamento de la COFEPRIS, el cual tiene por objeto establecer la organización y funcionamiento de la Comisión como órgano administrativo y en el cual el Laboratorio Nacional de Salud Pública cambia su denominación a Comisión de Control Analítico y ampliación de Cobertura (CCAYAC).

Como parte del Sistema Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios:

La Comisión de Control Analítico y Ampliación de Cobertura tiene la misión de generar resultados analíticos, resoluciones y dictámenes técnicos confiables y oportunos para la toma de decisiones que permitan proteger la salud de la población.

En CCAYAC fue donde se llevó a cabo la experimentación de cuantificación de plomo en alfarería, y juguetes, de mercurio en agua, sedimento y pescado, y de cadmio y plomo en ostiones, en el departamento de Análisis Físicoquímico.

Las muestras provienen de diferentes Estados de la República Mexicana como Puebla, Estado de México, Sonora, solo por mencionar algunos.

Cada muestra recibe un tratamiento específico para su posterior análisis por EAA.

La detección de metales pesados en diferentes productos y no solo en los alimentos ha venido cobrando importancia debido a su toxicidad y capacidad de bioacumulación en el organismo. El origen probablemente se encuentra en las descargas y emisiones industriales (Zn, Cu, As), el contacto con pinturas (Pb) o con desechos como baterías usadas (Cd), por ingesta accidental (Hg), etc...⁹

Debido a su impacto en la salud humana, en los países desarrollados desde hace algún tiempo se han llevado a cabo investigaciones para detectar y cuantificar estas sustancias.^{45, 46, 26} En

México, en cambio este tipo de estudios es incipiente. Aunque este tipo de estudios no pasa desapercibido pues se realizan con la firme intención de evitar un riesgo sanitario, esto quiere decir, evitar un peligro para la salud pública como consecuencia de la exposición de dichos contaminantes, los metales pesados.

Se ha descrito la presencia de níquel, vanadio, cromo y plomo como componentes estructurales y/o asociados al petróleo.¹⁶ Estos elementos, a excepción del plomo, son esenciales para los organismos en pequeñas cantidades, sin exceder los niveles en los cuales se afecta al sistema enzimático.¹⁴ El contenido de metales pesados en el organismo puede ser regulado por un mecanismo de control homeostático. Sin embargo, si la concentración de los metales pesados en la fuente de abastecimiento (agua o alimento) sobrepasa a dicho mecanismo, éstos actúan de manera tóxica.

Se sabe que estos elementos pueden ocasionar alteraciones a nivel celular como son la inhibición en la síntesis de DNA, la formación de epoxialdehídos, son conocidos carcinógenos^{7, 40, 32}, la inhibición de la RNA polimerasa,⁴⁷ la supresión del proceso mitótico y la inducción de rupturas cromosómicas,³² la interferencia en la síntesis de la hemoglobina, alterando la concentración de enzimas en sangre.⁴⁸ Por ello es de suma importancia determinar las cantidades en las que se encuentran estos metales y su relación con los límites permisibles.

Actualmente, la estimación de las concentraciones naturales y de los aportes antropogénicos de los metales pesados permite evaluar el nivel en que se encuentra afectada una zona. Para tal propósito es indispensable analizar tanto la columna de agua, como los sedimentos y los organismos, especialmente aquellos de hábitos bentónicos y filtradores los cuales han sido extensamente empleados como indicadores de contaminación.^{41, 17, 34,49}

Con base en lo expuesto, el presente trabajo tiene como finalidad determinar la presencia de los metales pesados: Pb, Cd, y Hg en diferentes muestras por el método de absorción atómica para evitar un riesgo sanitario a la población y por consecuencia problemas de salud pública.

2. Objetivo general

Estimar la concentración de diversos metales pesados por el método de absorción atómica en diferentes muestras como son juguetes, alfarería, agua, sedimentos, pescado y ostiones, con el fin de evitar el riesgo sanitario en la población del país.

Objetivos particulares

1. Estimar la concentración de diferentes muestras (Plomo en juguetes y alfarería, Mercurio en agua, sedimentos y pescado, y Cadmio en ostiones) utilizando las diferentes técnicas de absorción atómica (Flama, Horno de Grafito, Generador de Hidruros).
2. Estimar los niveles de concentración de las diferentes muestras analizadas, para determinar si cumplen con la normatividad establecida o si sobrepasan los límites permisibles de referencia, respecto a los métodos establecidos basados en diferentes Normas Oficiales Mexicanas.
3. Documentar el riesgo que representa las concentraciones de los metales pesados en las diferentes muestras, con el fin de eliminar los efectos en la salud de la población que este en contacto directo con dichas muestras.
4. Fomentar y contribuir en la calidad sanitaria de productos, servicios y factores ambientales a través del estudio y análisis de los probables riesgos sanitarios con la finalidad de prevenirlos y/o eliminarlos.

3. Marco teórico

3.1 Riesgo sanitario

La primera interrogante que surge al escuchar “protección contra riesgos sanitarios” es, quizá, definir qué es un riesgo sanitario; antes, es conveniente precisar otros conceptos como peligro y exposición. El primero es la propiedad inherente a un agente físico, químico o biológico que puede causar un efecto negativo en la salud; mientras que exposición es el contacto, ingestión o absorción del organismo con productos, sustancias o materiales tóxicos³⁵.

Para que se presente un riesgo sanitario es indispensable la existencia tanto del peligro como de la exposición. Así, riesgo sanitario se define como la probabilidad de ocurrencia de un evento exógeno, adverso, conocido o potencial, que ponga en peligro la salud o la vida humana, derivada de la exposición de la población a factores biológicos, físicos o químicos por su producción, comercialización, distribución, uso, consumo o posesión, entre otros³⁵.

Dos aspectos a considerar en la definición de riesgos sanitarios serían primero, que no existe riesgo cero en las actividades que desarrolla el ser humano y, segundo, el componente de susceptibilidad individual que es inherente a cada persona y un factor importante en los efectos sobre la salud³³.

Un análisis de riesgo estima el potencial de peligro para la salud, para un receptor humano a partir de la exposición a una sustancia química presente en el ambiente, a contaminantes ambientales, o derivado del estilo de vida, como el consumo de tabaco o el abuso de sustancias químicas, por ejemplo.

Un componente fundamental en la salud pública es la protección contra riesgos sanitarios como un nuevo paradigma en la prevención de las enfermedades y para la protección de la salud ante factores que amenazan a la población.

En este sentido, es vital establecer estrategias para evitar riesgos sanitarios como los ocasionados por productos que día a día usa o consume la población: alimentos, bebidas, medicamentos, perfumes, vacunas y otros hemoderivados, plaguicidas, nutrientes vegetales, sustancias tóxicas; así como sustancias químicas y biológicas peligrosas que se encuentran en el medio ambiente, productos a los que la población está expuesta de manera involuntaria³⁵.

3.1.1 Prevención y protección de la salud

De las acciones que desarrolla la Secretaría de Salud, dos de ellas son las que tienen un mayor impacto en la salud pública: la prevención y promoción de la salud y la protección contra riesgos sanitarios. La primera, influenciada por factores voluntarios y la segunda, por involuntarios; por ejemplo, con la vacunación en menores de edad, donde es voluntad de los padres llevar a vacunar a sus hijos (componente de prevención de enfermedades); pero es responsabilidad de la Secretaría de Salud, por medio de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, garantizar que las vacunas que se apliquen sean de calidad²¹.

3.1.2 Impactar en la salud pública

Las acciones en materia de protección contra riesgos deben responder necesariamente a programas con impactos en salud pública; como por ejemplo el proyecto de agua de calidad bacteriológica, cuyo objetivo es reducir los casos de morbilidad por enfermedades diarreicas de origen hídrico.

Para desarrollar un programa es necesario considerar una serie de fuentes de información, como la epidemiológica, demográfica, social y tecnológica, que representan un riesgo a la salud de la población y, por tanto, un impacto directo en la salud pública³⁵.

3.1.3 Diagnóstico integral de riesgos

Es difícil contar con un diagnóstico integral de riesgos sanitarios en alguna región. No obstante, un Sistema de Protección contra Riesgos Sanitarios estaría basado en el conocimiento presente de los riesgos, la identificación de algunos de los factores que los explican, al menos como hipótesis, y su localización geográfica. Sobre este conocimiento se deberán sustentar las líneas de acción para reducir los principales riesgos en un estado, región o país³³.

En este contexto, también se ha considerado el principio precautorio, según el cual la ausencia de certezas, teniendo en cuenta los conocimientos científicos y técnicos del momento, no debe retrasar la adopción de medidas efectivas y adecuadas con un costo económico razonable para prevenir el riesgo de daños graves e irreversibles³³.

3.2 Metales Pesados

- ❖ Metales: los metales son elementos naturales presentes en la naturaleza y vitales (en su justa medida) para el buen funcionamiento de las funciones biológicas, químicas y fisiológicas de los organismos; pueden llegar a ser tóxicos muy poderosos para el ecosistema si las cantidades absorbidas y las vías de exposición no son las idóneas.
- ❖ Metales pesados: Los metales pesados son elementos que se definen como tal según su densidad, peso y masa atómica que contienen y lo que hace que los metales pesados sean tóxicos son las concentraciones a las que se expone al ser vivo.²³

Aunque muchos de los elementos que se enlistan en el término “metal pesado” tienen una gravedad específica mayor que 5 (g/cm³) y poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg) ²⁴.

Estos elementos se presentan en diferente estado de oxidación en agua, aire y suelo y presentan diversos grados de reactividad, carga iónica y solubilidad en agua²². Los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos.

Cobre, manganeso, cadmio, cobalto, cromo, níquel, hierro, zinc, plata y plomo, son algunos elementos que se incluyen dentro de la clasificación de metales pesados o bien, metales traza. Los metales se encuentran en forma aislada como tales o combinados formando minerales⁸.

La toxicidad de estos metales tienen características comunes a todos ellos y efectos específicos de cada uno. La unión de los metales a materiales biológicos es de gran intensidad, pero no específica ni para el metal ni para las estructuras biológicas; en general los metales tienen la capacidad de combinarse con una gran variedad de moléculas orgánicas, especialmente con los grupos sulfhídricos (-SH) de las proteínas. Sin embargo, la reactividad de cada metal es diferente y por lo tanto su fuerza de unión con las proteínas también lo es. Los metales al unirse con los grupos sulfhídricos producen la inhibición de la actividad de numerosas enzimas del organismo. La concentración efectiva de un metal tóxico en la célula blanca depende tanto del tiempo de exposición como de los patrones toxicocinéticos del metal.²² Por lo tanto, entre los mecanismos de la toxicidad de los metales se incluyen interacciones con sistemas enzimáticos, interacciones con las membranas celulares, efectos específicos sobre ciertos orgánulos y el metabolismo⁸.

Los metales pesados, que no pueden ser metabolizados, persisten en el organismo y ejercen sus efectos tóxicos al combinarse con grupos reactivos esenciales para las funciones fisiológicas normales, pueden reaccionar con ligandos que contienen O, S y N, que en el organismo toman la forma de -OH, -COO-, -OP(O)H, >C=O, -SH, -S-S-, -NH₂, >NH.²³

Los antagonistas de los metales pesados poseen la propiedad común de formar complejos con los metales pesados, previniendo o revirtiendo así la unión de los cationes metálicos con los ligandos del organismo²².

Un quelante polidentado formará un compuesto mucho más estable que cuando el metal se combine con ligandos monodentados. La estabilidad de los quelatos varía con el metal y los átomos del ligando. Por ejemplo, el Pb y el Hg tienen mayores afinidades por los ligandos de S y de N que por los de O, y el Ca se comporta de manera opuesta. Estas diferencias en la afinidad son útiles como base para la selectividad de la acción de un agente quelante en el organismo, que debe tener las siguientes propiedades:³⁹

- Alta hidrosolubilidad
- Resistencia a la biotransformación
- Posibilidad de alcanzar lugares de almacenamiento del metal
- Capacidad de formar complejos no tóxicos con metales tóxicos
- Posibilidad de retener la actividad quelante en el pH de los líquidos corporales
- Fácil excreción del quelato
- Baja afinidad por el Ca²⁺ mayor afinidad por el metal que la poseída por los ligandos endógenos.

3.2.1 Cadmio (Cd)

Los minerales, volcanes y fuegos forestales son las principales fuentes de este metal. Sin embargo, se ha estimado que las emisiones antropogénicas de cadmio exceden a las emisiones naturales por un factor cercano a 10. Se ha encontrado que la combustión del carbón, la madera y el petróleo, la incineración de residuos y la producción de metales son las principales fuentes antropogénicas de cadmio liberado a la atmósfera.⁶

Los principales usos y aplicaciones del cadmio o sus compuestos son:

- Como pigmento en pinturas, en aleación con cobre, aluminio y plata, en la producción de pilas de cadmio-níquel, en fotografía, litografía y procesos de grabado, como “endurecedor” de ruedas y llantas de automóvil, en fabricación de foto-conductores y células solares fotoeléctricas.⁴

Los lixiviados provenientes de suelos contaminados y de la descarga de efluentes industriales contribuyen a la contaminación de los sistemas acuáticos.

El cadmio entra en la alimentación humana con los vegetales y productos animales.⁴ Se fija a las plantas más rápidamente que el plomo.¹⁸ La alimentación y el tabaco constituyen las dos fuentes principales de exposición.³⁶

La dieta es otra vía importante de exposición al cadmio, principalmente a través de la ingestión de cereales, pescado y mariscos.

La absorción gastrointestinal alcanza hasta un 5 % de la ingestión total de cadmio, mientras la absorción por los pulmones podría alcanzar hasta un 50 % del total.⁴

El cadmio es un tóxico que produce contaminación ambiental e industrial y, en el ser humano, causa alteraciones a nivel enzimático, renal, respiratorio y digestivo, con el agravante de tener una vida media muy prolongada. El cadmio se acumula en el organismo humano, fundamentalmente en los riñones, causando hipertensión arterial.³⁶

Reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico:

1. Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente.
2. Bioacumulación.
3. Persistencia en el medio ambiente.
4. Se distribuye en el ambiente a grandes distancias con el viento y en los cursos de agua.

En el hombre, los efectos por exposición a cadmio están bien documentados: Es irritante y tóxico respiratorio, tóxico renal, causa cierto tipo de osteomalacia y se le ha asociado con cáncer.³⁶ El contenido corporal de cadmio se incrementa con la edad hasta los 50 años.

En condiciones “normales” de distribución, el cadmio absorbido se excreta principalmente por

orina y en menor cantidad con la bilis, aunque pequeñas porciones puedan eliminarse con sudor, pelo y aún secreción gastrointestinal, pero el Cd que sale con heces en su mayor parte es el que no se absorbió.¹⁸

En exposición no laboral, la alimentación es la fuente más importante de ingesta de cadmio. La absorción por el tracto gastrointestinal es de aproximadamente 50%. La dieta deficiente en Ca, Fe o proteína incrementa la velocidad de su absorción.⁴

En sangre encontramos aproximadamente 0,06% del contenido corporal de Cd y más del 50% está en los hematíes unido inestablemente a una pseudoproteína, la metalotioneína. La metalotioneína es el “medio de transporte” del cadmio en el plasma sanguíneo. El aclaramiento sanguíneo del Cd es rápido, se acumula principalmente en el riñón. La concentración en la corteza renal es 1,5 veces mayor que la del riñón total y se fija en las células del túbulo proximal²².

La acumulación de Cd en riñón e hígado depende de la intensidad, del tiempo de exposición y del estado óptimo de la función de excreción renal. En ambos casos se ha encontrado incremento con la edad. Después de sobreexposición alcanza concentraciones elevadas en el hígado; pero con el tiempo el metal se localiza en el riñón.³⁶

En las células, el cadmio se une a la metalotioneína, proteína cuyo peso molecular es de 6 945 u (7 000 dalton) y que contiene 26 grupos SH libres por molécula, debido a la gran proporción de residuos de cisteína. La función principal de esta microproteína es la protección del sistema enzimático celular, aunque se le ha descrito otra función, la cual es la de unirse específicamente al cadmio y a otros metales pesados. Su síntesis en hígado, riñón e intestinos es inducida por el cadmio y se conoce por estudios experimentales que el complejo cadmio–metalotioneína es más tóxico para los túbulos renales que el cadmio per se. Paradójicamente, cuando la metalotioneína se sintetiza en las células, las protege de la toxicidad del cadmio, pues inactiva el metal. Se ha demostrado también escasa capacidad del riñón para sintetizarla, lo que lo hace insuficiente para fijar el cadmio y da lugar a aparición de las manifestaciones tóxicas.³⁶

En exposición laboral o ambiental, sus principales efectos tóxicos son: neumonitis química, disfunción renal con proteinuria y microproteinuria y enfisema.²⁰

La exposición aguda al Cd puede causar la muerte en humanos. La exposición a cantidades muy bajas podría causar irritación gastrointestinal, vómitos y diarreas si el Cd se ingiere, o dolor de cabeza, dolores en el pecho y edema pulmonar, si es inhalado. El Cd se ha relacionado con el cáncer de próstata y pulmón en estudios epidemiológicos y de laboratorio.³⁶

➤ Datos clínicos²⁰

Intoxicación aguda

- Ingestión: náuseas, vómito, diarrea, cefalea, mialgias, sialarrea, dolor abdominal, daño hepático, insuficiencia renal.

➤ Tratamiento

Ingestión:

- 1) Mitigar la irritación gastrointestinal: administrar leche o huevos batidos cada 4h.
- 2) Catarsis: eliminar el cadmio no absorbido mediante catarsis con 30 a 60 ml de Fleets Phospho- Soda, diluidos en agua en dilución 1:4.
- 3) Si persisten los síntomas administrar edetato cálcico sódico. No administrar dimercaprol.

Los síntomas por ingestión de cadmio no duran más de 24 h.³⁹

3.2.2 Cadmio en ostiones

El cadmio puede acumularse en altas concentraciones en una gran variedad de organismos marinos y en algunas plantas. Los moluscos presentan una concentración de cadmio de hasta 2×10^6 veces mayor que la que se ha encontrado en el agua donde viven. También el cadmio puede depositarse en las riberas de los ríos y costas marinas.³⁰

3.2.3 Plomo (Pb)

Se forma naturalmente, pero las principales fuentes de contaminación son antropogénicas. Entre ellas, las emisiones provenientes del tráfico vehicular han sido las más importantes.

El plomo se utiliza en los tipos metálicos para máquinas de escribir, baterías de almacenamiento, pinturas industriales, soldaduras, cubrimientos de cables eléctricos, vidriado de alfarería, gomas, juguetes, gasolina (tetraetilo de plomo) y aleaciones de latón. Entre otros

materiales están las cuentas de plástico, o joyería cubierta con plomo para dar un aspecto perlado, cerámica casera vidriada, vidrio plomado, así como cenizas y humo producto de la combustión de madera vieja pintada, periódicos, revistas. Contenedores de baterías y pigmentos de pintura artística.¹³

Las intoxicaciones ocasionadas por plomo, conocidas desde la antigüedad, se han debido al consumo de bebidas contaminadas por este metal, principalmente de fabricación clandestina, como el vino. Más común, sobre todo en países en desarrollo, es la intoxicación provocada por el consumo de alimentos preparados o almacenados en recipientes de barro vidriado de los cuales se desprende plomo.²

Los compuestos elementales y compuestos inorgánicos de plomo están catalogados como posibles agentes carcinógenos en seres humanos (Grupo 2B) por la IARC. A su vez, el plomo orgánico no se clasifica como carcinogénico a los seres humanos (Grupo 3). Los efectos a la salud del plomo son, principalmente, dependientes de las etapas de desarrollo de la exposición y de la magnitud de la dosis interna.⁸ La evidencia muestra, que el plomo es multitóxico, causando efectos en el tracto gastrointestinal, sistema cardiovascular, sistema nervioso central y periférico, riñones y el sistema inmunológico. En algunos pacientes, ha sido detectada una encefalopatía después de una exposición aguda al plomo.³⁷

La dosis letal de plomo absorbido se estima en 0.5 g; la acumulación y toxicidad ocurren si se absorben más de 0.5 mg/día. La vida media del plomo en los huesos es de 32 años y de siete en los riñones.¹³

Las concentraciones de plomo en cerebro e hígado son de 5 a 10 veces mayores que la concentración en sangre. El plomo en estos tejidos se elimina con lentitud y sólo mediante el uso de agentes que retiran el plomo.

El Pb ingresa al organismo principalmente por vía respiratoria y gastrointestinal. Una vez en el torrente sanguíneo, se acumula dentro de los glóbulos rojos, donde interfiere en la síntesis del grupo hemo, ocasionando anemia.¹³ Luego de aproximadamente un mes, se redistribuye a diferentes órganos y tejidos, generando alteraciones en el sistema nervioso, hematopoyético, cardiovascular, reproductivo y renal. Finalmente, se deposita en tejidos duros como huesos, uñas y dientes, donde puede permanecer acumulado durante toda la vida. Cabe destacar que el

Pb es teratógeno, porque atraviesa con facilidad la barrera placentaria, encontrándose concentraciones comparables del metal en la sangre de la madre y del recién nacido.²

La deshidratasa del ácido δ -aminolevulínico de los eritrocitos es una enzima importante en la síntesis de hemoglobina y es uno de los indicadores más sensibles de los efectos de plomo. La concentración de protoporfirina eritrocítica libre es un indicador incluso más sensible de la toxicidad por plomo. Las concentraciones de protoporfirina eritrocítica libre >25 a $50 \mu\text{g/dL}$ se consideran anormales; no obstante, como también se encuentran elevadas en estados de deficiencia de hierro, no se utilizan de manera aislada para diagnosticar intoxicación por plomo. La actividad del ácido δ -aminolevulínico de los eritrocitos se inhibe con concentraciones sanguíneas de plomo de $10\mu\text{g/dL}$.¹³

Los datos histopatológicos de intoxicación aguda incluyen inflamación de la mucosa gastrointestinal y degeneración tubular renal. En la intoxicación crónica por plomo ocurren edema cerebral y degeneración de las células nerviosas y musculares, así como infiltración celular alrededor de los capilares y arteriolas. El hígado y los riñones muestran cuerpos de inclusión intranuclear.²²

➤ Datos clínicos²⁰

Cualquier síntoma sugestivo de encefalopatía incipiente se considera como urgencia. El diagnóstico en solución presuntivo inmediato se basa en lo siguiente: concentraciones sanguíneas de plomo >50 a $80 \mu\text{g/dL}$; protoporfirina eritrocítica libre >200 a $250 \mu\text{g/dL}$ y la aparición de material radiopaco en radiografías simples de abdomen y líneas radiopacas a causa de plomo en muñecas y rodillas.

Para establecer una exposición anormal de plomo se administra edetato cálcico disódico, 25 mg/Kg , en dosis única por vía intramuscular o intravenosa en 1.5h en forma de solución al 0.5% en solución glucosada. Si la función renal es anormal, se recolecta toda la orina de 2 h , o por 3 a 4 días en casos de insuficiencia renal. Después de la administración de edetato cálcico disódico se compara la concentración de plomo urinario con las concentraciones urinarias antes de su administración.

La principal manifestación de intoxicación por plomo son trastornos gastrointestinales o del SNC, así como anemia.⁶

➤ Tratamiento de urgencia

Eliminar los compuestos solubles ingeridos que contienen plomo mediante lavado gástrico con sulfato de magnesio diluido o solución de sulfato de sodio, o por medio de vómito. El edema cerebral se trata con manitol y prednisolona, u otro corticosteroide.

➤ Antídotos²⁰

A todos los pacientes con síntomas clínicos de intoxicación por plomo se les administra dimercaprol y edetato cálcico disódico, y más tarde succímero; este tratamiento está indicado para pacientes asintomáticos con concentraciones sanguíneas de plomo por >80 a 100 µg/dL, o concentraciones de protoporfirina eritrocítica libre > 250 a 300 µg/dL de sangre completa.

Problemas especiales

1. En presencia de trastornos de la función renal es obligatorio el uso de diálisis.
2. El pie y muñeca péndulos se corrigen mediante ferulización y ejercicios pasivos hasta que se recupere la función.
3. La toxicidad por tetraetilo y tetrametilo de plomo no responde al tratamiento quelante. Administrar barbitúricos o diazepam para controlar la hiperactividad.

Hasta fechas recientes, la tasa de mortalidad en pacientes con encefalopatía por plomo fue alrededor de 25%. Casi 50% de quienes sobrevivieron tuvieron daño mental permanente. Aún no se establece el efecto del edetato cálcico disódico en el pronóstico de la encefalopatía por plomo.¹³

3.2.4 Plomo en alfarería vidriada

La Norma Oficial Mexicana. NOM-231- SSA1-2002. Artículos de alfarería vidriada, cerámica vidriada y porcelana establece las cantidades límites de plomo y cadmio liberados, que deben cumplir los artículos de alfarería vidriada que se utilizan para contener y procesar alimentos y bebidas.

Se aplica a cualquier tipo de los materiales mencionados, coloreados o no, con decoración o sin ella, pudiendo presentarse el vidriado en el interior, exterior o ambas posiciones.

Tabla I. Clasificación de piezas de alfarería³¹

Tipo de pieza	Características	Ejemplos
Piezas planas	Altura interior \leq 25 mm	Platos y platones
Piezas huecas pequeñas	Profundidad \geq 25mm Capacidad \leq a 1.1 L	Dulceras, salseras, azucareras, jarras pequeñas
Piezas huecas grandes	Profundidad \geq 25 mm Capacidad \geq a 1.1 L	Jarras, cafetería, budineras
Piezas huecas para almacenaje	Profundidad \geq a 25 mm Capacidad \geq a 3 L	Vasijas, cazuelas
Tazas y tarros	Para contener aproximadamente 240 ml	Las tazas tienen lados curvos y los tarros lados cilíndricos
Piezas para procesar alimentos y/o bebidas	Piezas para preparar (cocer, freír, vaporizar, etc.)	Cazuelas, ollas, jarras

El plomo liberado por cualquier artículo de alfarería de producción nacional o importación, destinado a contener o procesar alimentos y/o bebidas debe cumplir con los límites máximos establecidos en la siguiente tabla

Tabla II. Límites máximos de plomo liberado en artículos de alfarería.³¹

Tipo de pieza	Número de piezas	Límite permisible	Límite de solubilidad
Piezas planas	4	Promedio	2.0
Piezas huecas pequeñas	4	Todas las piezas	2.0
Piezas huecas grandes	4	Todas las piezas	1.0
Piezas huecas grandes para almacenar	4	Todas las piezas	0.50
Tazas y tarros	4	Todas las piezas	0.50
Utensilios para procesar alimentos o bebidas	4	Todas las piezas	0.50

3.2.5 Plomo en juguetes

Existen pinturas y tintas que contienen metales y ciertos elementos formando compuestos, las cuales se emplean en la fabricación o recubrimiento de las superficies de artículos de consumo

con los que es posible que las personas entren en contacto, planteando, por lo tanto, un riesgo para la salud cuando dichos compuestos son tóxicos. El riesgo de exposición a ciertos elementos presentes en las pinturas y tintas es mayor en los niños, debido al comportamiento de llevarse a la boca objetos no comestibles, hábito conocido como "pica". Al chupar, lamer o tragar objetos recubiertos con pinturas que contienen elementos metálicos, éstos entran al organismo vía el tracto digestivo. ²⁸

La Norma Oficial Mexicana NOM- 015/1-SCFI/SSA-1994 establece las especificaciones y los métodos de prueba para la determinación de la biodisponibilidad de los elementos antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), mercurio (Hg) y selenio (Se) del material en juguetes, instrumentos gráficos escolares, pinturas para niños y plastilinas. Esta Norma Oficial Mexicana debe aplicarse a todos los juguetes y artículos escolares de fabricación nacional y de importación. Las especificaciones no consideran otros peligros potenciales originados por el uso de otras sustancias químicas en la manufactura de juguetes y artículos escolares.

Se contempla la biodisponibilidad de compuestos metálicos en los siguientes materiales:

- Recubrimientos de pinturas, barnices, lacas, tintas de impresión y recubrimiento similares.
- Materiales poliméricos y similares (gomas, esponjas, vinílicos, etc.).
- Papel y cartón.
- Textiles.
- Masa de materiales coloreados (lana y piel).
- Partes pequeñas de materiales metálicos.
- Lápices de color y tinta de plumas.
- Materiales flexibles para moldear y geles.
- Pinturas, barnices, lacas, polvos para vidriado y materiales similares.

3.2.6 Mercurio

El mercurio es un metal que está naturalmente en el medio ambiente en diferentes formas; puede clasificarse en tres grupos: mercurio metálico o mercurio elemental, mercurio

inorgánico y mercurio orgánico. El mercurio metálico es un metal brillante, blanco-plateado, que se presenta en forma líquida a temperatura ambiente. Es altamente denso, con una densidad de 13,521 g/mL, poco soluble en agua, con mucha capacidad de acumularse en el sedimento de los cursos de agua.⁵

➤ Fuentes del mercurio ¹

Se consideran fuentes naturales de emisión de mercurio al medio ambiente aquellas originadas por la movilización natural del mercurio generado de forma natural en la corteza terrestre, por actividad volcánica o por erosión de las rocas, y por los incendios forestales.

En la actualidad, se consideran 3 fuentes principales de emisión antropogénica de mercurio: la minería, la agricultura y el uso industrial, que juntos emiten unas 20 mil toneladas de mercurio/año.

➤ Usos del mercurio⁵

Algunos de los usos del mercurio y sus compuestos en la actualidad.

- Como metal: para la extracción de oro y plata, como catalizador en la industria, en instrumentos científicos, lámparas fluorescentes y en amalgamas dentales.
- Como compuestos químicos: en baterías (como dióxido), biocidas (industria papel), pinturas y en semillas, catalizadores, pigmentos y colorantes y reactivos para análisis de laboratorio.

Los compuestos inorgánicos de mercurio aparecen cuando este se combina con elementos como cloro, oxígeno y azufre. Estos compuestos son también llamados sales de mercurio. La mayoría de los compuestos inorgánicos de mercurio son polvos blancos o cristales, excepto el sulfato de mercurio, también conocido como cinabrio o cinabarita, que es rojo, variando a negro después de la exposición a la luz. Cuando el mercurio se combina con carbono, los compuestos formados son llamados “orgánicos”, compuestos de mercurio u organomercuriales. Hay un número potencialmente grande de compuestos organomercuriales, sin embargo, el más común en el medio ambiente es el metilmercurio, también conocido como monometilmercurio¹.

Las formas naturales de mercurio más comúnmente encontradas en el medio ambiente son: mercurio metálico, sulfato de mercurio, cloruro de mercurio y metilmercurio. Algunos

microorganismos en procesos naturales pueden alterarlo y convertirlo en metilmercurio. Este es particularmente preocupante debido a su característico poder de bioacumulación en peces de agua dulce y agua salada, y en mamíferos marinos a niveles muchas veces superiores a los encontrados en el ambiente ³⁹.

Los organismos pluricelulares que extraen sus alimentos del sedimento son contaminados directamente por esta forma organificada (MeHg), la más nociva de los derivados mercuriales por el hecho de ser absorbida y almacenada de forma acumulativa en los tejidos biológicos. Dentro de la cadena alimentaria, la proporción de mercurio orgánico crece con la edad del organismo y su posición en la cadena trófica. De esta forma, en los predadores superiores de las cadenas tróficas acuáticas, el MeHg puede llegar a ser más del 80% del mercurio total acumulado.⁶

Si la metilación del mercurio inorgánico ocurre en ambiente terrestre, el MeHg forma complejos con las partículas orgánicas presentes en el suelo. Este proceso favorece su absorción por plantas y animales invertebrados, ampliando, de esta manera, la contaminación de la cadena trófica terrestre, especialmente en animales herbívoros.⁵

El MeHg es bioacumulativo y altamente tóxico para los organismos vivos, presentando una vida biológica media de entre dos y tres años. Esta propiedad de bioacumulación es la responsable de los niveles elevados en peces carnívoros que son consumidos normalmente por la población, lo que amplía todavía más los niveles de contaminación por este metal pesado.

La ingestión 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 de la ingestión de agua contaminada.⁵

La gravedad de los daños que puede ocasionar a la población se ilustra por los episodios de intoxicación ocurridos en Minamata y Niigata, Japón, en 1956 y en 1965 respectivamente, como resultado de la ingestión de pescado conteniendo metilmercurio procedente de las aguas contaminadas con descargas de plantas fabricantes de acetaldehído que involucraron a 2255 personas en el primer caso y a 700 en el segundo. Estos sucesos pusieron de relieve las transformaciones que sufre el mercurio en el ambiente, ya que se vertió al agua como mercurio

metálico y fue biotransformado a metil-mercurio, además de que fue bioacumulado a través de la cadena alimenticia¹².

El blanco fundamental de la toxicidad del metilmercurio es el sistema nervioso. La principal vía de exposición humana a este tipo de compuesto es la gastrointestinal; se produce principalmente a través del consumo de pescados y mariscos que contienen el compuesto orgánico en el tejido muscular, que es absorbido por el tracto gastrointestinal, y el cual atraviesa fácilmente la barrera placentaria y puede llegar al feto. Los signos más comunes de la neurotoxicidad observados en los adultos son: parestesia, ataxia, alteraciones sensoriales, temblores, problemas de audición, constricción del campo visual y dificultad para caminar. Especialmente durante el embarazo, los efectos de la exposición al metilmercurio son preocupantes, ya que el feto puede tener una variedad de anomalías en el desarrollo neurológico, similares a los encontrados en la parálisis cerebral, y que incluyen retraso para caminar y en la comunicación verbal, modificación de la tonicidad muscular, y de los reflejos tendinosos profundos, y reducción de los puntajes en los exámenes neurológicos⁶.

Los estudios en animales proporcionan evidencia limitada de carcinogenicidad, mientras que otros estudios sugieren que la exposición al metilmercurio puede causar efectos sobre el sistema cardiovascular, entre los que se incluyen mayor riesgo de infarto de miocardio y de hipertensión arterial.¹²

El mercurio deprime los mecanismos enzimáticos celulares al combinarse con los grupos sulfhidrilo (-SH); por esta razón las sales solubles de mercurio son tóxicas para todas las células. Las altas concentraciones obtenidas durante la excreción renal conducen a daño específico en los glomérulos y túbulos renales⁶.

En las muertes ocasionadas por intoxicación con mercurio los datos histopatológicos son degeneración tubular y glomerular agudas o nefritis glomerular hemorrágica. La mucosa del tubo digestivo muestra inflamación, congestión, coagulación y corrosión.⁵

➤ Datos clínicos ¹¹

Intoxicación aguda

- Ingestión: la ingestión de sales de mercurio causa sabor metálico, sed, dolor abdominal intenso, vómito y diarrea sanguinolenta. El paciente continúa con diarrea que contiene

- restos de mucosa por varias semanas. De un día a dos semanas después de la ingestión disminuye la diuresis o se interrumpe, y la muerte ocurre por uremia. Después de la ingestión de cloruro de mercurio ocurre estenosis esofágica, gástrica o intestinal.

Intoxicación crónica

- Tratamiento¹¹

Intoxicación aguda

- 1) Tratamiento de urgencia: eliminar el tóxico ingerido mediante lavado gástrico con agua corriente o con emesis y catarsis.
- 2) Antídotos. Administrar dimercaprol. La penicilamina y succímero también son eficaces. Aunque la penicilamina y el dimercaprol no son eficaces contra los efectos neurológicos de los compuestos alquilvercuriales, el succímero incrementa la eliminación de metilmercurio del cerebro. Se continuará la administración de un quelante hasta que las concentraciones de mercurio en orina se reduzcan por debajo de 50µg/24 h.
- 3) Medidas generales:
 - a) Tratar la anuria y el choque.
 - b) Tratar las lesiones estenóticas del tubo digestivo después de realizar una endoscopia apropiada.

Intoxicación crónica

Evitar la exposición adicional. Administrar dimercaprol. Tratar la oliguria y mantener una nutrición adecuada mediante alimentación oral o intravenosa.

En intoxicaciones agudas y crónicas la recuperación es probable si el tratamiento con dimercaprol se administra por lo menos durante una semana. La recuperación del deterioro mental causado por intoxicación crónica por mercuriales no es completa. El daño inducido por compuestos alquilvercurio es permanente, la mejoría requiere de 1 a 2 años.¹¹

3.2.7 Mercurio en agua, sedimento y pescado

Las enfermedades transmitidas por alimentos, en su mayoría son de tipo infeccioso, aunque también de origen químico como las intoxicaciones. La incidencia de estas enfermedades,

sigue constituyendo uno de los problemas de salud pública más extendidos en el mundo contemporáneo y permanecen como una de las causas principales de morbilidad, que ocupan el segundo lugar entre las enfermedades transmisibles de notificación obligatoria.

Entre los alimentos involucrados resaltan los pescados frescos-refrigerados y congelados, debido a que estos productos en su origen están sometidos a una contaminación microbiológica y química, entre otras, y que aunado a la forma de consumo generan enfermedades para el consumidor.²⁹

Resulta importante evaluar los efectos de los metales que se encuentran en las aguas naturales, potables y residuales sobre la salud humana, pueden ir desde el intervalo de benéficos hasta causar problemas tóxicos, esto dependiendo de su concentración. Algunos metales son esenciales, otros pueden afectar adversamente a los consumidores de agua, sistemas de tratamiento residuales y cuerpos receptores de agua.²⁷

3.3 Absorción atómica

La absorción atómica es una técnica capaz de detectar y cuantificar la mayoría de los elementos químicos, por lo que es empleada en muy diversos campos como son el de la bioquímica, toxicología, medicina, fármacos, alimentos y aguas, petroquímica, etc.⁴⁴

La espectroscopia de absorción atómica ha producido tres técnicas de uso analítico: la emisión, la absorción, y la fluorescencia.³⁸

El átomo está constituido por un núcleo rodeado por electrones. Cada elemento tiene un número específico de electrones que está directamente relacionado con el núcleo atómico y que conjuntamente con él, da una estructura orbital, que es única para cada elemento. Los electrones ocupan posiciones orbitales en una forma predecible y ordenada. La configuración más estable y de más bajo contenido energético, es conocida como “estado fundamental” y es la configuración orbital normal para el átomo.⁴³

Si a un átomo se aplica energía de una magnitud apropiada, ésta será absorbida por él e inducirá que el electrón exterior sea promovido a un orbital menos estable o “estado excitado”.

Como este estado es inestable, el átomo inmediatamente y espontáneamente retornará a su configuración fundamental. El electrón por lo tanto retornará a su orbital inicial estable y emitirá energía radiante equivalente a la cantidad de energía inicialmente absorbida en el proceso de excitación.⁵⁰

La longitud de onda de la energía radiante emitida está directamente relacionada a la transición electrónica que se ha producido, puesto que un elemento dado tiene una estructura electrónica única que lo caracteriza; la longitud de onda de la luz emitida es una propiedad específica y característica de cada elemento. Como la configuración orbital de un átomo grande puede ser compleja, existen muchas transiciones electrónicas posibles y cada una de ellas resultará en la emisión de luz de una determinada longitud de onda.³⁸

El proceso de excitación y decaimiento al estado fundamental es común a los tres campos de la espectroscopia atómica. Por esta razón, ya sea la energía absorbida en el proceso de excitación o la emitida en el proceso de decaimiento, puede ser medida y usada para propósitos analíticos.³

Si luz de una determinada longitud de onda incide sobre un átomo libre en estado fundamental. El átomo puede absorber energía y pasa al estado excitado, es un proceso conocido como absorción atómica. La propiedad de un átomo de absorber luz de longitud de onda específica, es utilizada en la espectrofotometría de absorción atómica.³⁸

Las características de interés en las medidas por absorción atómica, es el monto de luz, a la longitud de onda resonante, que es absorbida cuando la luz pasa a través de una nube atómica. Conforme el número de átomos se incrementa en el paso de la luz, la cantidad que de ésta será absorbida se incrementará en una forma predecible. Se puede efectuar una determinación cuantitativa del analito presente, midiendo la cantidad de luz absorbida. El uso de fuentes especiales de luz y la selección cuidadosa de la longitud de onda permite la determinación cuantitativa específica de elementos individuales en la presencia de otros.¹⁰

La nube de átomos requerida para las mediciones de absorción atómica, es producida por la adición de suficiente energía térmica a la muestra para disociar los compuestos químicos en átomos libres. La aspiración de una solución de la muestra, dentro de una llama alineada con el rayo de luz, sirve para este propósito. Bajo condiciones apropiadas de llama, muchos de los

átomos permanecerán en forma de su estado fundamental y ser capaces de absorber luz de longitud de onda apropiada proveniente de una fuente de luz. La facilidad y la velocidad a la cual se pueden hacer determinaciones exactas y precisas utilizando técnica, han hecho que la absorción atómica sea uno de los métodos más populares para la determinación de metales.⁴²

A la longitud de onda de resonancia, de intensidad inicial I_0 , es enfocada sobre la llama, que contiene átomos al estado fundamental. La intensidad inicial de la luz es disminuida en una cantidad determinada por la concentración de los átomos en la llama. Luego la luz es dirigida sobre el detector donde se mide la intensidad disminuida, I . La cantidad de la luz absorbida se determina por comparar a I a I_0 .¹⁰

La “transmitancia” es definida como la razón de la intensidad final a la intensidad inicial

$$T = I \div I_0$$

La transmitancia es una indicación de la fracción de luz inicial que pasa a través de la llama para incidir en el detector.

“Porcentaje de transmisión”

$$\%T = 100 \times I \div I_0$$

El “porcentaje de absorción” es el complemento del porcentaje de luz inicial que es absorbida en la llama.

$$\%A = 100 - \%T$$

El cuarto término “absorbancia” es puramente una expresión matemática.

$$A = \log(I \div I_0)$$

Absorbancia es el término más conveniente para caracterizar la absorción de luz en la espectrofotometría de absorción, pues esta cantidad guarda una relación lineal con la concentración. La ley de Beer define esta relación.¹⁰

$$A = abc$$

En donde “A” es la absorbancia; “a” es el coeficiente de absorptividad constante que es característica de las especies que absorben; “b” es la longitud del paso de luz ocupado por la celda de absorción; y “c” es la concentración de las especies absorbentes en la celda de absorción. Esta ecuación establece simplemente que la absorbancia es directamente proporcional a la concentración de las especies absorbentes para unas condiciones instrumentales dadas. Cuando la absorbancia de soluciones patrón conteniendo concentraciones conocidas del analito se miden y se grafican los resultados de las absorbancias con respecto a la concentración, se establece una relación de calibración. En la región en la cual se observa la relación de la ley de Beer, la calibración produce una línea recta.

Después que se ha establecido tal curva de calibración, se puede medir la absorbancia de soluciones de concentración desconocida y su concentración directamente a la curva de calibración. En la instrumentación moderna, la calibración se puede hacer en el instrumento para proveer una lectura directa de la concentración desconocida.¹⁰

El término a en la ecuación de Beer es una constante de proporcionalidad que es independiente del paso de la luz e intensidad de la radiación incidente. Se conoce como absorptividad; y depende de la temperatura, disolvente, estructura molecular del soluto absorbente y de la longitud de onda. Las unidades de a se determinan a partir de la b y c. Cuando b está en cm y c en g/L, se expresa en L/g.cm, (connotación reconocida por convención Americana y definida como la absorbancia de una solución de 1g/L en una celda de 1cm). Si c es una concentración molar, a se cambia por el símbolo ϵ y se denomina absorptividad molar, sus unidades son L/mol.cm (connotación en uso Europeo).⁴³

Las lecturas deben hacerse bajo las mismas condiciones de disolución, temperatura, y longitud de onda (la cual debe corresponder al punto de máxima absorción en el espectro). La pendiente de la recta representa la absorptividad.³

3.3.1 Errores en espectrometría de absorción.

La ley de Beer presenta limitaciones por el hecho de no tomar en consideración los efectos del pH, temperatura, longitud de onda, o interacciones soluto-solvente y soluto-soluto; por lo

anterior la ley de Beer se aplica generalmente a soluciones diluidas en que estas interacciones son insignificantes.¹⁰

3.3.1.1 Errores instrumentales.

Están los relativos a la concentración, los cuales son función del ruido e incertidumbre en la calibración. El intervalo óptimo de concentraciones medibles es aquel en el que las absorbancias caen entre 0.2 y 0.8.

Otro factor instrumental es la capacidad del aparato para proporcionar luz monocromática. Además, para evitar errores por luz desviada deben evitarse las longitudes de onda de los extremos del intervalo de UV-VIS.¹⁰

3.3.1.2 Errores por factores químicos.

Estos surgen de varias fuentes, una de ellas es el control de pH que afecta la ionización de una molécula, lo que afecta en gran medida su espectro, un cambio en el estado de protonación puede producir una variación de la longitud de onda máxima de hasta 40nm.

Un solvente presenta diferentes interacciones con un soluto absorbente, éstas dependerán de la polaridad del soluto y el solvente. Las interacciones pueden conducir a un cambio en la longitud de onda máxima de un soluto absorbente cuando se utilicen dos solventes diferentes.

En general los solventes no polares como los hidrocarburos proporcionan mayor detalle espectral que los disolventes polares.

Por último otro efecto que hay que evitar, son las interacciones soluto-soluto en que hay que tomar en cuenta la agregación molecular y los equilibrios de asociación-disociación influidos también por el pH, además de reacciones ácido-base y de formación de complejos.¹⁰

3.3.2 Análisis por flama

La luz del cátodo hecho del elemento que se está midiendo es pasada a través de una muestra que es vaporizada por una flama. En ésta los átomos es estado basal absorben la luz, disminuyendo su intensidad. El porcentaje de absorción registrado por el detector es entonces una medida de concentración del elemento de la muestra.

Tabla III. Temperaturas de llamas de pre-mezcla³⁸

Oxidante-Combustible	°C
Aire- Metano	1875
Aire-Gas natural	1700-1900
Aire-Hidrógeno	2000-2050
Aire-Acetileno	2125-2400
Óxido nitroso-Acetileno	2600-2800

Los límites de la sensibilidad de la flama dependen de la eficiencia del transporte del atomizador, además de que solo el 10% de la muestra constituye a la señal, el tiempo residente de la muestra es típicamente 10^{-5} - 10^{-4} segundos, menos que el tiempo de vida de muchos átomos.

➤ **Elemento ideal de ajuste.⁴⁴**

No debe ser sensible a cambios ligeros de condiciones de flama. La longitud de onda debe ser mayor de 250nm (disminuye interferencia potenciales). La solución estándar debe producir una señal de aproximadamente 0.200 de absorbancia.

El elemento ideal de ajuste es el cobre ya que no es sensible a condiciones de flama, su longitud de onda es de 324.8 nm y la aspiración de una solución de 4.0 mg/L de cobre debe producir una señal de 0.200 de absorbancia.

La concentración característica de este elemento de ajuste define la magnitud de la señal de absorbancia. Además de ser una herramienta útil para evaluar el instrumento, debe de estar dentro del 20% del valor indicado por el fabricante, una concentración característica baja es usualmente óptima (más alta sensibilidad).

3.3.3 Sistemas de muestreo de alta sensibilidad

La EAA con flama convencional con todas las ventajas que posee sobre las técnicas competidoras, es limitada en su sensibilidad por la relativamente pobre eficiencia del muestreo. Existe una variedad de accesorios de muestreo, que mejoran la capacidad del límite de detección para AA, más allá de los límites de la flama, mejorando la eficiencia del muestreo.³

3.3.3.1 Sistema para mercurio por vapor frío

El mercurio es el único elemento que a temperatura ambiente, permite químicamente generar átomos en estado fundamental que son las especies requeridas para la absorción atómica. En el método del vapor frío los átomos de mercurio se producen en una botella de reacción por reducción química con cloruro estañoso o borhidruro de sodio. Los átomos volátiles salen de la solución al burbujear aire a través de ella. El aire luego acarrea el mercurio a través de un tubo de secado para eliminar el vapor de agua y finalmente a la celda de absorción alineada en el paso óptico del espectrofotómetro de absorción atómica.²⁵

Conforme el mercurio pasa a través de la celda y sale de ella, se registra una señal de absorción de forma Gaussiana. En algunos sistemas para mercurio se toman disposiciones que permitan recircular el vapor y tener de esta forma la oportunidad de obtener máxima concentración, siendo el sistema entonces más sensitivo. En este caso la señal incrementará hasta alcanzar una meseta. Después que se obtiene una lectura constante en este tipo de sistemas, los vapores son desviados hacia un absorbente con carbón activado, al cual extrae el mercurio del sistema preparando el sistema para la siguiente determinación. Esta aproximación para la determinación de bajos niveles de mercurio se utiliza mejor en muestras de naturaleza compleja. Su alta sensibilidad proviene del hecho que todo el mercurio presente en 100 ml de muestra puede ser concentrado en el paso óptico, originando una máxima absorbancia

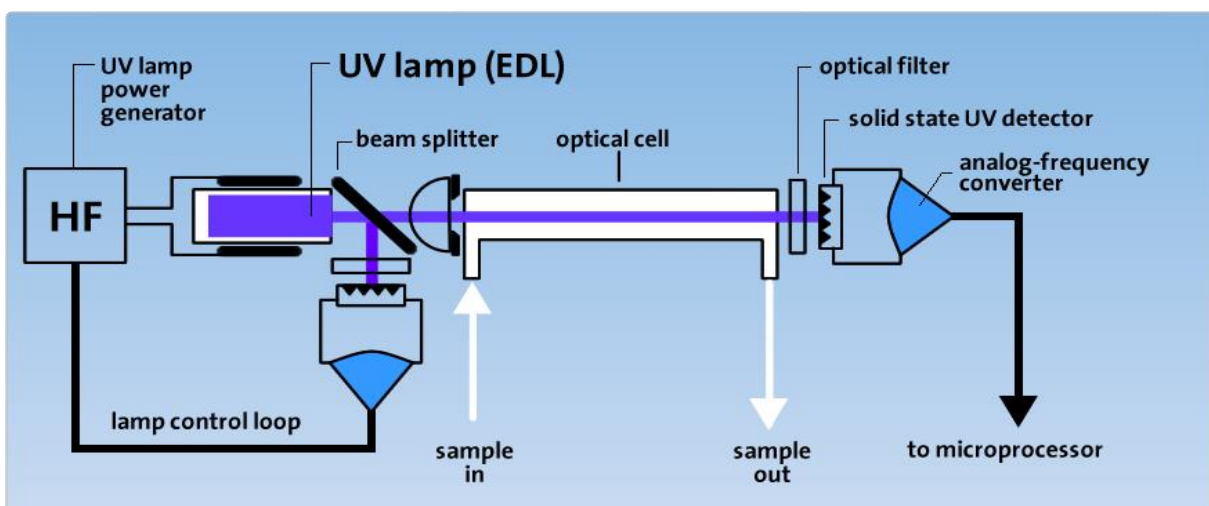


Figura I. Sistema de vapor frío.

3.3.3.2 Sistema de generación de hidruros.

En esta técnica los hidruros gaseosos de ciertos metales son químicamente producidos por la adición de borhidruro de sodio a 25 ml de muestra en un frasco de reacción. El frasco está sellado y los hidruros gaseosos e hidrógeno producidos son arrastrados por argón hacia un tren de llama aire-argón-hidrógeno o, alternativamente, en una celda de cuarzo calentada.⁴⁴

Cuando el vapor de la muestra es atomizado en la llama o en la celda calentada, se produce una señal en forma Gaussiana, altura de la cual es proporcional a la cantidad del analito en la muestra.⁴²

Tabla IV. Generación de hidruros³⁸

Elemento	Límite de detección absoluto (μg)	Límite de detección en la solución ($\mu\text{g/L}$)
As	0.003	0.15
Bi	0.005	0.25
Ge	0.200	10.00
Sb	0.005	0.25
Se	0.003	0.15
Sn	0.004	0.20
Te	0.005	0.25

*Basada en 20 ml de solución.

Los elementos determinables utilizando la técnica son de importancia ambiental o de interés toxicológico, por lo que los impresionantes pequeños límites de detección hacen que estos métodos sean atractivos para este tipo de aplicaciones además de ser capaz de analizar muchas muestras de naturaleza compleja que son difíciles o casi imposibles por algún otro método. Los elementos de interés deben estar en el estado de oxidación correcto para que la reacción de reducción funcione.¹⁹

Bomba peristáltica para sistema de generador de hidruros.

El accesorio o frasco integrado de hidruros para EAA debe contener las siguientes características.

- Canales especiales para muestras y reactivos.

- En diámetro interno de los tubos de la bomba controlan la cantidad de reactivo que entra a la celda.
- Adición del gas portador en el flujo del líquido permite una máxima eficiencia de mezcla de reactivos y muestra.
- Una celda empaquetada para incrementar el área de superficie para máxima separación del gas.



Figura II. Bomba peristáltica para sistema de generador de hidruros.

3.3.3.3 Absorción atómica con horno de grafito

Con este accesorio se pueden determinar muchos elementos en concentraciones 1000 veces más bajas que las que se pueden detectar con llama, ideal para aplicaciones de ultra-trazas, se puede aplicar esta técnica en situaciones en las que se dispone de una pequeña cantidad de muestra.³⁸

El horno de grafito es un artefacto de muestreo sin llama. La energía requerida para la atomización es obtenida aplicando una diferencia de potencial eléctrico a través de un tubo de grafito dentro del cual se ha colocado la muestra. El horno está alineado en el área de muestreo de tal forma que la luz de la lámpara espectral pasará por el centro del tubo de grafito. El vapor atómico generado por la muestra cuando el horno está encendido absorberá entonces luz de la lámpara.⁴⁴

La señal de la absorción es transitoria, se produce una señal en forma de pico conforme se

eleva la concentración en el horno, que luego cae conforme los átomos se difunden fuera del horno. Se puede usar generalmente la altura de la banda para la cuantificación o el área bajo la curva. Es aplicable a una variedad de tipo de muestras y en algunas ocasiones se pueden analizar muestras sólidas sin una previa disolución. Para muchos elementos los límites de detección están en la región de los picogramos (10^{-12} gr) y por esta técnica determinar hasta 64 elementos.³

El tubo de grafito, que está alineado en el paso óptico del espectrofotómetro, es un cilindro de grafito abierto en sus dos extremos, con un pequeño orificio en el centro, a través del cual se introduce la muestra. El tubo es sostenido por dos anillos grandes de grafito, los cuales proporcionan el contacto eléctrico. El tubo de grafito actúa como una resistencia en un circuito eléctrico. Cuando se aplica un voltaje al tubo, la corriente que fluye causará un incremento de la temperatura en él. Controlando la cantidad de corriente que fluye, se puede regular la temperatura del tubo al nivel que se desee, hasta un máximo de cerca 3000°C . el sistema de grafito se mantiene en un lugar por medio de un cubierta enfriada por agua que circula a través de la cubierta y mantiene a nivel seguro la temperatura externa del horno y después de la atomización, el tubo de grafito, se enfría rápidamente a la temperatura ambiente, estando listo para recibir la siguiente muestra.^{38, 44}

El horno de grafito calienta la muestra en una secuencia programada de temperatura y tiempo controlada por la fuente de poder del horno. Primero, la muestra es secada a 100°C aprox. Para soluciones acuosas. Después se incrementa la temperatura para carbonizar todo lo que sea posible de la matriz de la muestra. ³⁸Las determinaciones con horno de grafito están sujetas a severas interferencias químicas y problemas de absorción de fondo provenientes de los constituyentes de la muestra. Se pueden reducir estos problemas a niveles manejables volatilizandando tanto como sea posible la matriz de la muestra durante la etapa de carbonización del programa de calentamiento. Después se calienta rápidamente el horno a una temperatura suficientemente alta para atomizar el analito y producir la absorción atómica. El programa típico del horno incluyendo un periodo de enfriamiento el cual requiere de dos minutos.^{3,10,}

Se puede aplicar el incremento de temperatura en una forma escalonada para cada etapa o puede ser a una baja velocidad controlada o “rampa”. Como el programa de temperatura óptimo depende en gran medida del elemento y la matriz de la muestra es generalmente

ventajoso usar un calentamiento lento en rampa para los procesos de secado y carbonizado con un rápido incremento de la temperatura para la atomización.⁴²

3.3.3.4 ¿Cuándo horno, cuándo llama?

La absorción atómica con llama es más rápida que con el horno (5-10 segundos por determinación con la llama contra 2-3 minutos para el horno). Y generalmente son más convenientes las medidas con llama (simple aspiración de las soluciones de la muestra para la llama contra inyección volumétrica para el horno). Además en la llama los problemas de interferencia son menos severos y más fáciles de resolver. La alta sensibilidad del horno determina su obvia elección para la determinación de ultra trazas del analito.⁴⁴

La elección entre la llama y el horno de grafito se determina generalmente en base al rango de concentración del analito. La mejor elección para una tarea particular será la técnica que produzca la mejor exactitud y precisión analítica con el menor esfuerzo y tiempo.

3.4 Digestión por horno de microondas

La preparación de las muestras juegan un papel muy importante y tienen que cumplir con ciertas características y condiciones como las siguientes: deben permanecer en solución acuosa, se debe destruir toda la materia orgánica de la muestra, retener los analitos a concentraciones detectables además de ajustar la viscosidad y sólidos de la muestra para un óptimo análisis.³

Debido a que los metales pesados se encuentran distribuidos a lo largo de toda la cadena alimentaria, los métodos analíticos utilizados para cuantificarlos deben ser capaces de generar información precisa y exacta. La preparación de muestras por tecnología de microondas es un método que cumple con dichas características.¹⁵

En estos métodos se requiere, primeramente de la destrucción del material orgánico; este es el paso crítico en el análisis, ya que generalmente es lo que determina los límites bajos de detección e influye en el blanco analítico, además de ser la etapa más lenta en la investigación.⁴²

Teóricamente, la digestión por microondas se basa en la interacción directa de la radiación electromagnética con los disolventes empleados en la muestra en un sistema cerrado. El horno de microondas utiliza una frecuencia de 2450 MHz, lo que permite la penetración de la energía

en la muestra y que las moléculas giren y choquen entre sí, se produce el calentamiento del líquido y éste a su vez realiza el ataque al material orgánico en un tiempo menor al requerido por los métodos de digestión tradicionales.

La tecnología por microondas se ha aplicado a diversos materiales geológicos, metalúrgicos, botánicos y más recientemente a los alimentos.¹⁵

Otra ventaja de la digestión por microondas es evitar el uso de mezclas peligrosas de oxidantes, ya que generalmente el ácido nítrico (HNO_3) proporciona buenos resultados.

Además, la cantidad de ácido que se requiere durante la digestión es pequeña y debido a que ésta se realiza en un sistema cerrado, se reduce significativamente la contaminación tanto en la muestra como en el ambiente.²⁰

Ventajas de la digestión por microondas:⁴⁴

- Calentamiento directo y adecuado de la muestra.
- Control de energía por lo tanto control reproducible de condiciones de descomposición.
- Uso de reactivos comunes y en menor cantidad.
- Reducción de la contaminación
- Vaso cerrado: las temperaturas elevadas permiten reacciones no posibles a condiciones atmosféricas.
- Es un método relativamente más rápido en comparación con otros.
- Capacidad para hacer muestras múltiples.
- Automatización.



Figura III. Horno de microondas para digestión.

4. Desarrollo experimental

Métodos de prueba de determinación de metales pesados en productos diversos por absorción atómica. Cada muestra recibe un tratamiento específico basado en las siguientes normas:

- Cuantificación de plomo en alfarería vidriada, basado en la NOM-231-SSA1-2002
- Cuantificación de plomo en juguetes, basado en el procedimiento de la NOM-252-SSA1-2011
- Cuantificación de mercurio en aguas naturales, basado en la NMX-AA-051-2001 análisis de agua. Determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.
- Cuantificación de mercurio en sedimento, basado en el procedimiento CCAYAC-M-260/4 método de prueba para la determinación de metales en productos diversos por absorción atómica.
- Cuantificación de mercurio en pescado, de plomo y cadmio en ostiones, basado en la NOM-242-SSA1-2009

4.1 Tabla V. Equipo

Equipo	Características
Espectrofotómetro de absorción atómica calibrado MARCA THERMO SERIE M, MARCA PERKIN ELMER MODELO ANALYST 800	- Por flama, generador de hidruros y horno de grafito.
Lámparas de cada uno de los metales	- De cátodo hueco (HCL) - De descarga sin electrodo (EDL)
Horno de microondas MARCA .MARS EXPRESS	con control de presión y(o) temperatura
Balanza analítica Meltler Toledo con precisión de 0.1 mg calibrada y/o verificada.	- Analítica. Con precisión de 0,1 mg

4.2 Tabla VI. Material

Nota: El material es lavado y revisado después de su lavado de acuerdo a procedimiento

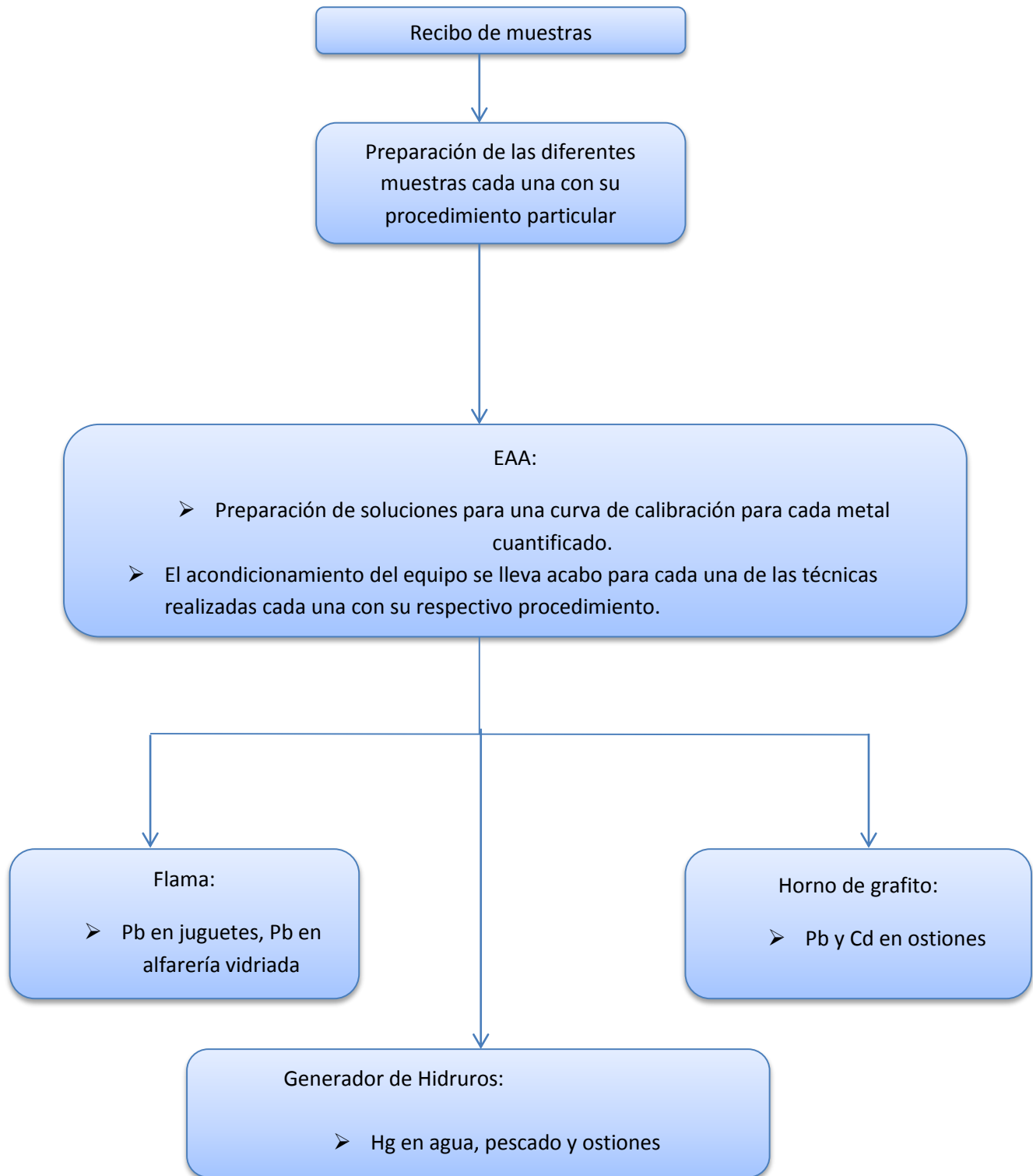
Material	Características
Matraces volumétricos	de vidrio borosilicato, y(o) polipropileno y(o) polimetilpenteno de diferentes volúmenes, clase A calibrados y(o) verificados
Micropipetas	10-100 μL y 100-1000 μL calibradas y(o) verificadas
Pipetas volumétricas	diferente volumen, clase A, calibradas y(o) verificadas
Papel filtro	Whatman N° 2 y(o) 40
Recipientes y tapas	de PVC, polietileno, teflón o polipropileno
Tubos de grafito	con o sin recubrimiento pirolítico
Vasos para digestión	de teflón
Material común de laboratorio	
Embudos	de filtración rápida de PVC, polietileno, teflón o polipropileno
Celda de cuarzo para mercurio y soporte de la celda	

4.3 Tabla VII. Reactivos

Nombre	Fórmula	Especificación
Soluciones estándar de metales	Cd, Pb, Cu, Hg	1000 mg/L. con certificado de trazabilidad al Sistema Internacional
Ácido nítrico ultrapuro	HNO ₃	Niveles traza de metales
Ácido nítrico.	HNO ₃	Para el lavado del material
Ácido acético	CH ₃ COOH	Solución de ácido acético al 4% (v/v). Medir 40 mL de ácido acético y llevar a un volumen de 1L con agua desionizada.
Sol. de Fosfato de amonio monobásico al 10 % (de NH ₄ HPO ₄)	NH ₄ HPO ₄	Niveles traza de metales
Paladio 1 % (como nitrato)	Pd	Niveles traza de metales
Agua	H ₂ O	Resistividad ≥ 10 MΩ·cm ⁻¹ a 25 °C
Peróxido de hidrógeno	H ₂ O ₂	30%
Ácido clorhídrico	HCl	10 % v/v. Medir 33,3 ml y vaciar en un matraz de 100 ml que contiene agua y llevar a volumen.
Soluciones de ácido clorhídrico	HCl	0,07 mol/l o M 0,14 mol/l o M 2,0 mol/l, 7,3 % m/m 6,0 mol/l, 21.9% m/m
Solución para la generación de hidruros (Hg)	NaOH y Na BH ₄	Disolver 0,05 g de hidróxido de sodio en agua y vaciar a un matraz de 100 ml, en el mismo disolver 0,2 g de boro hidruro de sodio y aforar a 100 ml con agua.
Gas argón, acetileno, óxido nitroso y aire		- Acetileno: 99,996 % de pureza, grado absorción atómica en acetona. - Óxido nitroso: 99,996 % de pureza. --- - Aire: oxígeno ≤20 %, libre de partículas, libre de agua. - Argón: de ultra alta pureza 99.999 %

Nota: Las muestras y reactivos se preparan en campanas de extracción para eliminar los vapores desprendidos.

4.4 Procedimiento general de cuantificación de metales pesados en diferentes muestras.



4.5 Procedimiento para el tratamiento de muestras de alfarería vidriada.

Se seleccionan 4 piezas iguales en tamaño, forma, color y decorado elegidas al azar de un lote de producción. En el caso de que la muestra (4 piezas) exceda el 25% de la producción anual de esa pieza suelta específica, se analizará una sola pieza. Es el caso del plato y tazón talavera.

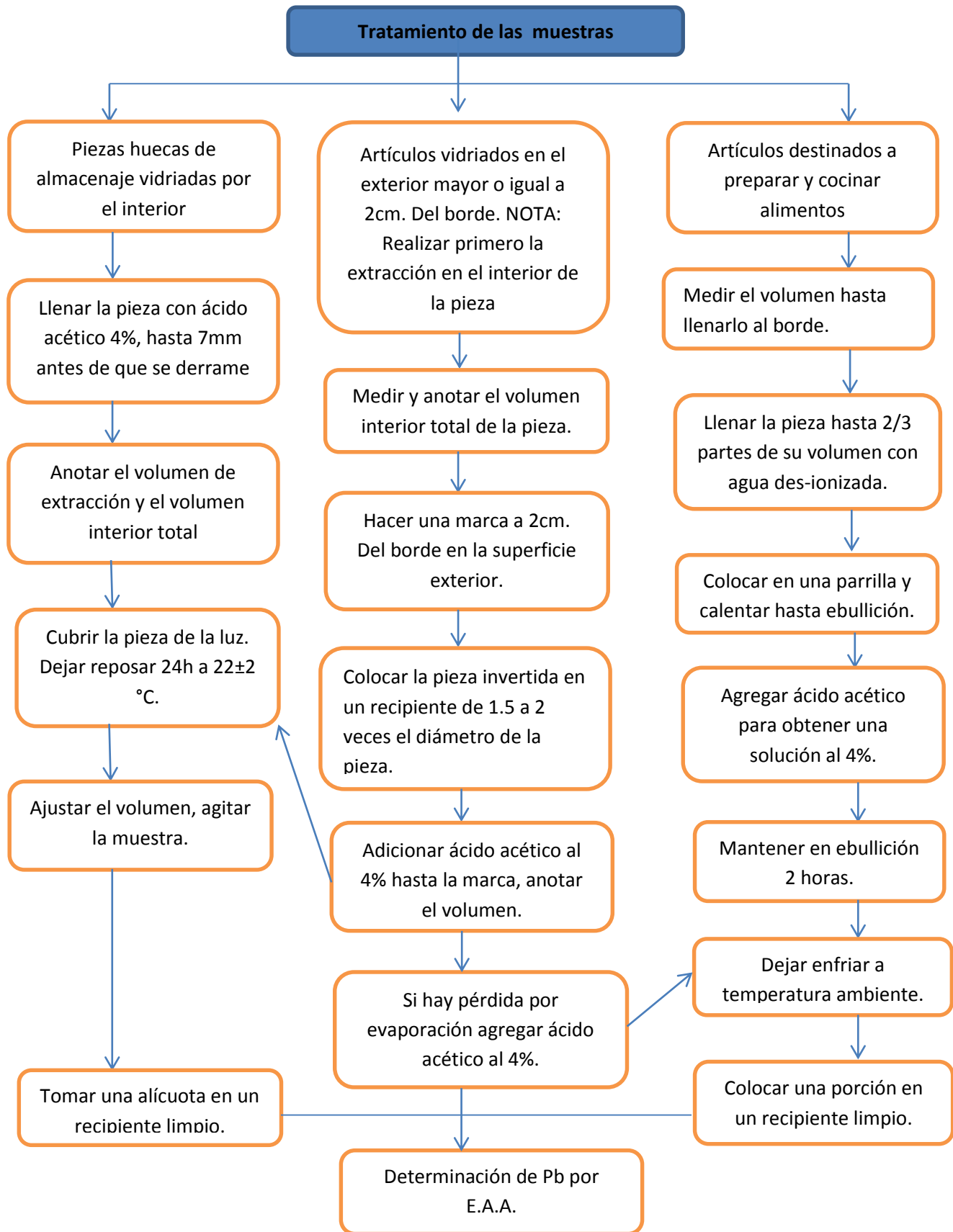
Clasificar las piezas

- Piezas planas
- Piezas huecas pequeñas
- Piezas huecas grandes
- Piezas huecas para almacenar
- Tazas y tarros
- Utensilios para procesar alimentos

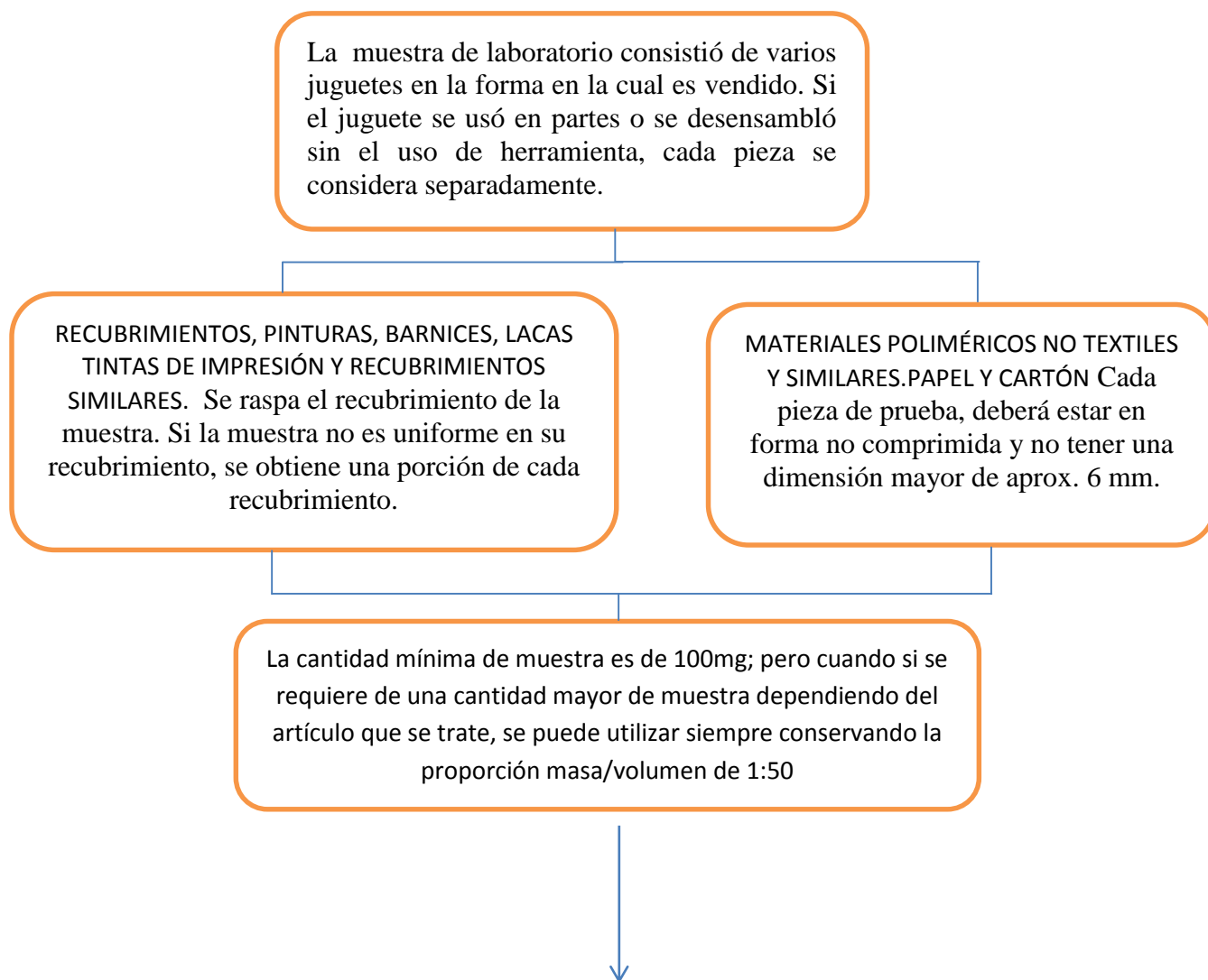
Tabla VIII. Muestras de alfarería

Muestras analizadas	Origen
4 violeteros	Taller alfarero de "Xalitla" Estado de Guerrero
4 cajetes	Taller alfarero de Zacatecas No.1
4 cazuelas	Taller alfarero de Zacatecas No.2
4 jarros grandes	Taller alfarero "El terrero San Pedro" Estado de Puebla
1 plato de talavera	Taller alfarero de Chignahuapan Tetela
1 tazón de talavera	Taller alfarero de Chignahuapan Tetela

El plomo es extraído simulando condiciones de uso extremo por lixiviación con ácido acético al 4%.



4.6 Procedimiento para el tratamiento de muestras de juguetes



****Tabla IX. Muestras de juguetes.**

Muestras analizadas	Origen
Juguete Small Chef: juego de cocina de plástico para niños mayores de tres años	China
Juguete Hot Racing Car: carro azul	
Juguete Hot Racing Car: carro amarillo	
Juguete Hot Racing Car: carro rojo	
Juguete 3D Puzzle: rompecabezas de plástico en forma de ratón tocando el tambor	Mattel
Juguete Caballeros del Zodiaco: tres muñequitos de plástico por set	Sin dato

** (Continuación)

**Se mezcla la muestra con 50 veces su masa con una solución acuosa de HCl 0.07M agitar y verificar acidez.

Si la porción de prueba es menor a 100 mg mezclar con 5.0 ml de la solución de HCl 0.07M

Si el pH es mayor de 1.5 se añade una solución acuosa de HCl 2M hasta que el pH este a 1.5 o menos.

Proteger la mezcla de la luz, agitar por una hora y dejar reposar durante una hora.

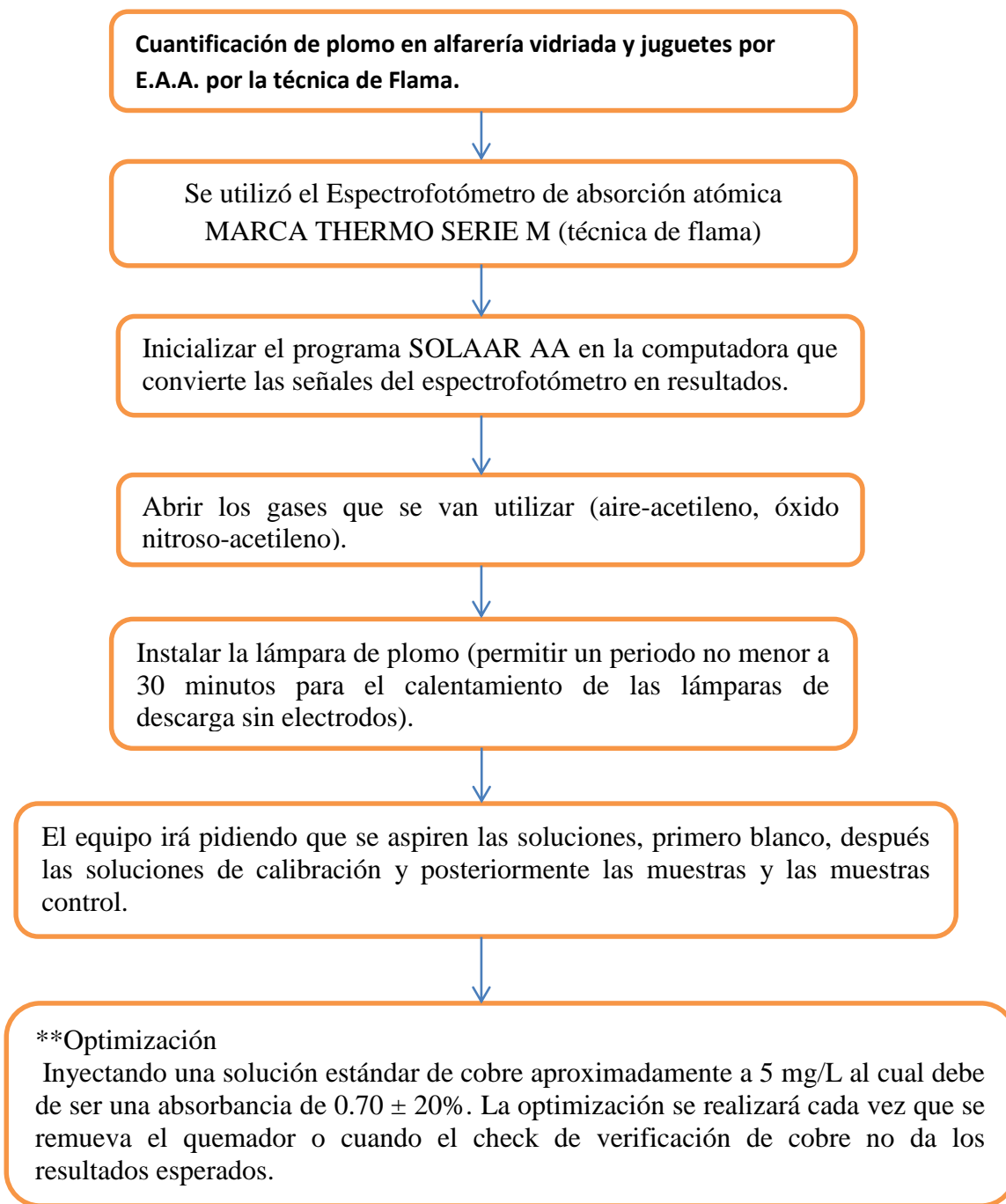
Se prepara un blanco de reactivos y un blanco y/o muestra fortificada de acuerdo a límites máximos permisibles de la Norma.

Curva de calibración, en donde el punto máximo permitido por la Norma se encuentre en la parte media de esta.



Figura IV. EAA Marca Thermo adaptado con el generador de hidruros

4.7 Procedimiento para la cuantificación de plomo en alfarería vidriada y juguetes por EAA por la técnica de flama.



**** (Continuación)**

****Verificación**

Inyectando 5 veces la solución estándar de cobre correspondiente a 4 mg/L. Posteriormente inyectar también 3 veces una solución de concentración conocida del elemento que se va a leer.

La verificación se realizará cada vez que se utilice el equipo por esta técnica.

Calibración

Ajustar el instrumento a 0 con el blanco de calibración. Introducir los estándares de calibración del analito de menor a mayor concentración y registrar al menos tres réplicas de la absorbancia de cada uno.

Elaborar una curva de calibración graficando absorbancia en función de la concentración.

Curva de calibración para la determinación de Pb en alfarería vidriada.

0.35, 0.7, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 y 20.0 mg/L (ppm).

Curva de calibración para la determinación de Pb en juguetes.

Determinación de plomo en juguetes elaborando una curva de calibración de 0.35, 0.70, 1.80, 2.5, 5.0, 10.0 ppm en HCl 0.07 M. leer la curva de calibración y las muestras a una λ de 283.3 nm.

****Operación del instrumento.**

El desempeño del instrumento se verifica mediante el empleo de blancos de calibración, estándares de calibración y una muestra de control de calidad (MCC).

Si las mediciones varían en $\pm 10\%$ o más, al valor establecido para la MCC, el análisis debe interrumpirse y buscar la posible causa de error, el instrumento se debe recalibrar y verificar la nueva calibración.

Para verificar que el instrumento no presenta deriva, por cada 10 análisis se debe analizar el blanco de calibración.

Una vez finalizado el análisis, aspirar agua y posteriormente HNO₃ al 1% para limpiar el sistema.

4.8 Procedimientos para el tratamiento de muestras de ostión, pescado, sedimento y agua.

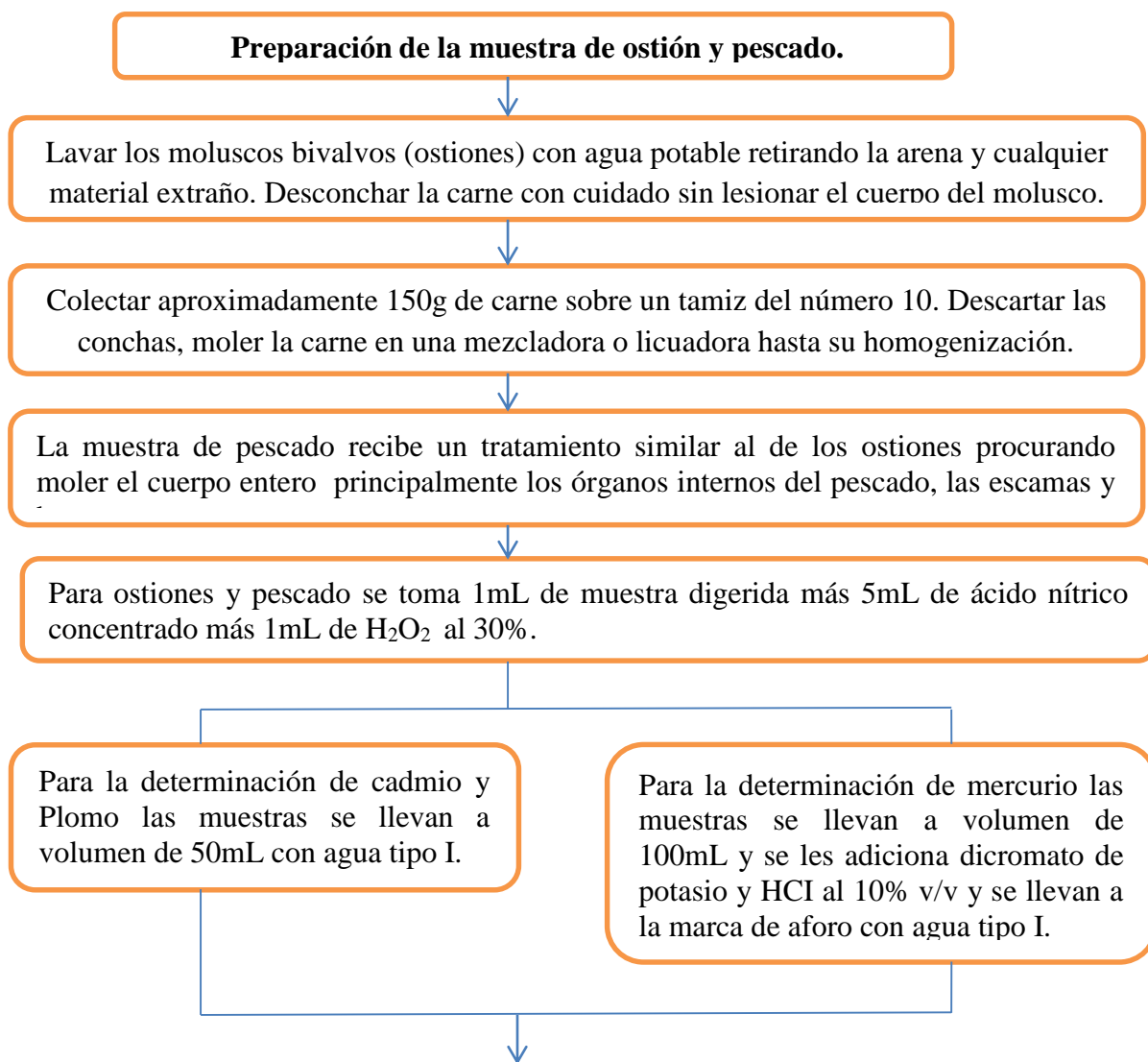


Tabla X. Muestras analizadas de agua, sedimento, pescado y ostión.

Muestras analizadas	Origen
5 muestras de agua de represa, agua de la superficie del cuerpo	Presa “El comedero” Cosala Sinaloa
3 muestras de sedimento del fondo del cuerpo de agua	
5 muestras de pescado de la especie denominada carpa	
1 muestra de ostión fresco en concha	“Bahía Altata” Ensenada Pabellones
1 muestra de ostión fresco en concha	“Barra de Teacapán” Escuinapa Sinaloa

Preparación de la muestra de sedimento.

El sedimento en sí es una muestra de lodo recogida del fondo, en este caso, de una presa. Por lo que el sedimento no recibe un tratamiento anterior a la digestión por horno de microondas.

Los sedimentos se homogenizan en un vaso de 3.0L con espátulas de acero inoxidable y de ahí se pesan.

Digestión de muestras de ostión, de pescado y sedimento por horno de microondas

Pesar en un vaso de digestión de 0,2 g a 0,5 g como máximo de muestra sólida y entre 5 g a 10 mL de muestra líquida; añadir 5 ml de ácido nítrico concentrado y en caso necesario agregar 2 ml de peróxido de hidrogeno al 30%.

Cerrar el vaso de reacción y proceder según el procedimiento del horno de microondas en 5 etapas, de acuerdo a lo recomendado por el fabricante.

Sacar los vasos de digestión y dejar enfriar a temperatura ambiente. Transferir la solución digerida a un matraz volumétrico adecuado y llevar al volumen con agua, filtrar posteriormente si es necesario.

Preparación de la muestra de agua

Debe tomarse un mínimo de 500 mL de muestra en un envase de polietileno o polipropileno. Para la determinación de mercurio, se necesitan 250 mL en envases separados llenando hasta el tope.

Para la determinación de metales disueltos y/o suspendidos, tanto la muestra como los blancos deben filtrarse a través de una membrana de poro de 0,45 micras, previamente lavada con una disolución de ácido

Las muestras y los blancos de campo deben preservarse añadiendo ácido nítrico concentrado hasta obtener un pH < 2. Todas las muestras deben refrigerarse a 4°C hasta su análisis.

Para análisis de metales a nivel de trazas en aguas naturales deben preservarse con ácido nítrico grado suprapur o equivalente

Las muestras de aguas incoloras, transparentes e inodoras y de una sola fase, pueden analizarse directamente, sin digestión.

4.9 Cuantificación de mercurio en agua, sedimentos, pescado y ostiones por EAA por la técnica de generador de hidruros.

La muestra es acidificada normalmente con HCl. La muestra entonces reacciona con agentes reductores.
Borhidruro de sodio es el más comúnmente utilizado.
El cloruro estañoso puede ser usado como un agente reductante para mercurio.
Un hidruro gaseoso es entonces formado

Este puede ser transportado directamente al EAA por un gas de acarreo para su análisis.

La muestra, el ácido y el agente reductante son bombeados continuamente dentro del separador gas-líquido (GLS), de ahí el gas es transportado a la celda. La señal del elemento es continua así que la medición de réplicas es simple y rápida, las muestras son rápidamente llevadas dentro y salen fuera del GLS.

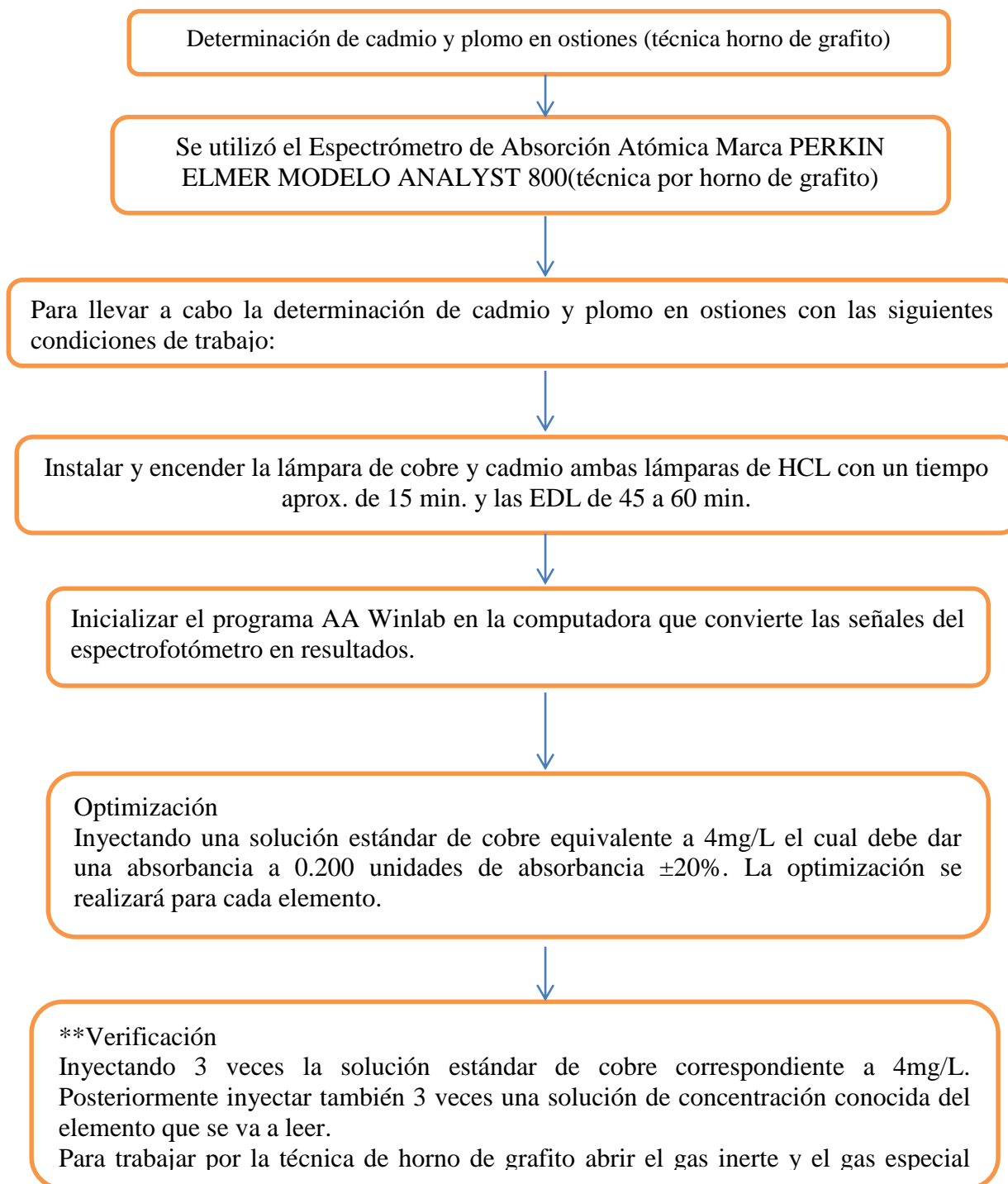
Una celda combinada con un GLS es usado en lugar del nebulizador y la cámara de rocío. Canales separados para ácido, muestra, reductante y drenado. Solo el hidruro gaseoso es transportado al EAA resultando un bajo fondo y alta sensibilidad.

Agente reductante: solución con 0.5% de borhidruro de sodio y 0.5% de hidróxido de sodio, bombeado a 1.4 ml/min
Ácido: 50% de HCl, bombeado a 0.6 ml/min.
Muestra: bombeado a 9.5 ml/min
Gas de acarreo: argón. fluio de 0.3 L/min

Para el análisis de mercurio. Transferir la disolución digerida a un matraz volumétrico adecuado y por cada 50ml de volumen total agregar 5ml de HCl conc., más 5ml de disol. de $K_2Cr_2O_7$ y llevar al volumen con agua, filtrar posteriormente si es necesario.

Preparación de curva patrón para mercurio
Preparación 6 niveles de concentración de mercurio de (2.5, 5.0, 10.0, 15.0 y 20.0) μL .

4.10 Cuantificación de cadmio y plomo en ostiones por EAA por la técnica de horno de grafito.



** (Continuación)

**Lectura de muestras: colocar en el carrusel, las cubetas con las muestras (blanco, solución estándar, soluciones de prueba, modificadores de matriz).

Calibración espectrometría de absorción atómica por horno de grafito

Proceder de acuerdo a los puntos mencionados en la espectrofotometría de absorción atómica por la técnica de flama.

Si el equipo cuenta con automuestreador, colocar los puntos de la curva, el blanco de reactivos y las muestras en cubetas que han sido previamente enjuagadas con ácido nítrico al 3 % G.R. y posteriormente con la solución a analizar.

Una vez finalizado el análisis, aspirar agua y posteriormente HNO_3 al 1% para limpiar el sistema.



Figura V. EAA Marca Perkin Elmer.

4.11 Cálculos para obtener la concentración de los metales analizados

Los resultados que se encuentren dentro del rango lineal de la curva se reportarán como la concentración calculada.

Los resultados menores al punto más bajo de la curva se reportarán como menores a este punto.

La fórmula que a continuación se presenta detalla los valores que deben sustituirse para calcular la concentración de los elementos cuantificados después de haber analizado las diferentes muestras por EAA. Las unidades de la concentración cuantificada se expresarán en mg/Kg o mg/L dependiendo de la naturaleza de la muestra analizada.

Realizar cálculos de la siguiente manera:

$$\text{mg /kg o mg/L del elemento} = \frac{(A-B) V}{MF}$$

Dónde:

A= Concentración del elemento en la muestra leída directamente del equipo o de la curva de calibración.

B= Concentración del elemento en el blanco de reactivos leído directamente del equipo o de la curva de calibración.

V= Volumen de la solución de la muestra digerida (aforo).

F= Factor para pasar de μg a mg =1000 (En el caso de la técnica de horno de grafito ya que la curva está en $\mu\text{g/L}$).

M= Peso de la muestra o ml de agua.

Nota: El equipo da directamente la diferencia de (A-B)

Si la muestra ha sido diluida, debe aplicarse el factor de dilución.

➤ **Porcentaje de recobro**

Preparar un blanco de reactivos y un blanco fortificado por cada lote, y una muestra fortificada con el (los) elemento(s) a analizar por cada 10 muestras o por grupo si son menos.

Se calcula la exactitud con el porciento de recuperación.

Nota: Las muestras se fortifican adicionando una cantidad equivalente a la concentración máxima establecida en las Normas para cada tipo de producto.

En el caso de las muestras que no están normalizadas, éstas se fortifican con una cantidad de metal conocida de forma que se encuentren dentro del punto medio del rango lineal de la curva, o se adicionan con una cantidad igual a la contenida en la muestra (cuando contienen concentraciones altas).

Si la recuperación del analito en la muestra fortificada está fuera del intervalo previamente establecido y el blanco de reactivos fortificado está correcto, puede existir un problema relacionado con la matriz de la muestra.

El por ciento de recuperación para el analito, se calcula de acuerdo a:

$$R = \frac{(CM - C)}{CA} \times 100$$

R=% de recobro

CM=Concentración de la muestra fortificada o blanco fortificado

C=Concentración de la muestra o blanco de reactivos.

CA=Concentración equivalente de elemento añadido a la muestra o blanco de reactivos.

5. Resultados

La determinación de concentración de cada metal se realiza una vez obtenido el valor de absorbancia por EAA interpolando dicho valor en una curva de calibración para cada metal con niveles específicos de concentración.

Las tablas de resultados muestran los datos necesarios para obtener el valor de la concentración del metal. Datos concernientes a pesado de la muestra, alícuotas, diluciones, etc. Hay una tabla realizada por cada muestra analizada así como también se anexa la tabla con muestras fortificadas en la cual se expresan los valores de concentración adicionada para la fortificación y el porcentaje de recobro de cada muestra. Cabe mencionar que el rango de porcentaje de recobro aceptado y establecido es de 85% a 115%. Este rango fue ajustado en un $\pm 5\%$ del rango original establecido por cada norma que es de 90% a 110%, la razón las variables que no se pueden controlar y que no depende del analista como tal como el tiempo de análisis, condiciones del equipo, reactivos y material. Si bien se busca trabajar con los más altos niveles y estándares de calidad existen factores no controlados. De acuerdo a estudios anteriores y registros ya establecidos en el laboratorio donde se realizó la experimentación es conveniente ajustar dicho porcentaje de recobro.

El informe de resultados se realiza para cada una de las muestras analizadas por cada metal cuantificado, consiste en exponer los valores finales de concentración del metal en cuestión, así como el valor de referencia, la norma de referencia, la descripción detallada y origen de la muestra analizada.

Cabe mencionar que la clave de registro de cada pieza o muestra analizada consiste en colocar las tres primeras letras del nombre de la muestra seguido de un número consecutivo en orden creciente partiendo de 1, por ejemplo; son 4 violeteros entonces los registramos como VIO1, VIO2, VIO3 y VIO4, otro ejemplo, los ostiones; son 2 muestras de diferente origen entonces los registramos como OST1 y OST2, y así sucesivamente.

En el caso de los juguetes, se tomó el nombre del juguete analizado por ejemplo: como eran 3 carritos de diferente color se registraron como CAR1, CAR2 y CAR3, para la cocina COC1, para el rompecabezas ROM1 y para el set de muñecos de caballeros del zodiaco se tomó como ZOD1.

En el caso del agua, sedimento, y pescado se registraron de la siguiente manera: AGU1, AGU2, AGU3, AGU4, AGU5, porque son 5 muestras. Las de sedimento son solo tres: SED1, SED2, SED3. Las de pescado se registraron como PES1, PES2, PES3, PES4 y PES5.

5.1 Resultados de plomo en Alfarería vidriada

Tabla XI. Preparación de soluciones estándar por curva de calibración para la cuantificación de Pb en alfarería vidriada

Volumen de la sol. Stock De 100 mg/L (ml)	Volumen de aforo con ácido Acético al 4% (ml)	Concentración (mg/L)
0.350	100	0.350
0.700	100	0.700
1.0	100	1.0
2.5	100	2.0
5.0	100	5.0
10.0	100	10.0
15.0	100	15.0
20.0	100	20.0

Tabla XII. Concentración de plomo en violeteros.

Registro	Volumen de la muestra (mL)	Factor de dilución	Concentración de plomo(mg/L)
VIO1	1	10	56.3830
VIO2	1	10	31.8740
VIO3	1	10	60.6600
VIO4	1	10	24.6580

Tabla XIII. Informe de resultados de Plomo en violeteros

Nombre comercial o genérico: Violetero mediano color naranja con esmalte en su interior, modelo clásico de 31 cm de altura, 7.5 cm de base y 5cm de boca.			
Fabricante: Taller alfarero de “Xalitla” Estado de Guerrero.			
Registro: VIO1, VIO2, VIO3, VIO4			
Observaciones: Piezas huecas pequeñas			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo soluble			
VIO1	Máximo 2 mg /L	NOM-231-SSA1-2002	56.38 mg/L
Volumen interno total			720 ml
Volumen interno de extracción			700 ml
VIO2	Máximo 2 mg/L	NOM-231-SSA1-2002	31.87 mg/L
Volumen interno total			700 ml
Volumen interno de extracción			690 ml
VIO3	Máximo 2mg/L	NOM-231-SSA1-2002	60.66 mg/L
Volumen interno total			680 ml
Volumen interno de extracción			650 ml
VIO4	Máximo 2mg/L	NOM-231-SSA1-2002	24.66 mg/L
Volumen interno total			640 ml
Volumen interno de extracción			615 ml

Los valores de referencia, en su mayoría, son sobrepasados y por mucho, por los valores obtenidos, de acuerdo a los datos reportados en la tabla de la parte superior, piezas provenientes del Estado de Guerrero del taller de “Xalitla” (violeteros), valores que sobrepasan la especificación hasta por 30 veces más.

Tabla XIV. Concentración de plomo cazuelas.

Registro	Volumen (mL)	Concentración de plomo (mg/L)	Promedio a y b(mg/L)	
CAZ 1	a	1	0.2011	0.1756
	b	1	0.1501	
CAZ 2	a	1	0.1602	0.1593
	b	1	0.1584	
CAZ 3	a	1	0.0464	0.04195
	b	1	0.0375	
CAZ 4	a	1	0.0129	0.01325
	b	1	0.0136	

Todas las piezas fueron catalogadas como “piezas huecas pequeñas” también las cazuelas ya que estas son de un tamaño relativamente pequeño por lo que no fueron consideradas como piezas para procesar alimentos, así que el tratamiento fue el mismo que el de las piezas “huecas pequeñas”, de acuerdo a lo establecido por la tabla I .

Las cazuelas y los cajetes provienen del mismo Estado, el de Zacatecas, aunque de diferente taller por lo que los denominamos, taller 1 y taller 2 respectivamente.

Se analizaron 4 cazuelas de las cuales se tomaron 2 alícuotas (a y b) de cada una, del volumen de extracción para su posterior análisis por EAA y así obtener el valor promedio de plomo en las cazuelas. Todas las muestras de cazuelas cumplen con la especificación estando muy por debajo del valor de especificación (tabla XV).

TABLA XV. Informe de resultados de Plomo en cazuelas

Nombre comercial o genérico: Cazuela chica color miel de 15.5 cm de diámetro, 7.5 cm de base y 5cm de alto. Con decoración interior de hojas en paredes y flor en el fondo.			
Fabricante: Taller alfarero del Estado de Zacatecas No.1			
Registro: CAZ1, CAZ2, CAZ3, CAZ4			
Observaciones: Debido al tamaño de la pieza se clasificó como pieza hueca pequeña.			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo soluble			
CAZ1	Máximo 2 mg /L	NOM-231-SSA1-2002	Menor a 0.35 mg/L
Volumen interior total			495 ml
Volumen interior de extracción			390 ml
CAZ2	Máximo 2 mg/L	NOM-231-SSA1-2002	Menor a 0.35 mg/L
Volumen interior total			500 ml
Volumen interior de extracción			400 ml
CAZ3	Máximo 2 mg/L	NOM-231-SSA1-2002	Menor a 0.35 mg/L
Volumen interior total			500 ml
Volumen interior de extracción			450 ml
CAZ4	Máximo 2 mg/L	NOM-231-SSA1-2002	Menor a 0.35 mg/L
Volumen interior total			490 ml
Volumen interior de extracción			420 ml

Tabla XVI. Concentración de plomo en cajetes.

Registro		Volumen (mL)	Concentración de plomo (mg/L)	Promedio a y b (mg/L)
CAJ1	A	1	1.9938	1.9789
	B	1	1.9639	
CAJ2	A	1	13.4153	13.4835
	B	1	13.5518	
*CAJ3	A	1	89.1540	89.1540
CAJ4	A	1	14.7509	14.7855
	B	1	14.8201	

*Se aplicó un factor de dilución de 10.

Tabla XVII. Informe de resultados de Plomo en cajetes

Nombre comercial o genérico: Cajete chico color café de 16.5 cm de diámetro, 7 cm de altura y 9 cm de base. Sin decorado y seis sellos en su interior en forma de flor en su exterior			
Fabricante: Taller alfarero del Estado de Zacatecas No.2			
Registro: CAJ1, CAJ2, CAJ3,CAJ4			
Observaciones: Piezas huecas pequeñas			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo soluble			
CAJ1	Máximo 2 mg /L	NOM-231-SSA1-2002	1.98 mg/L
Volumen interior total			760 ml
Volumen interior de extracción			650 ml
CAJ2	Máximo 2 mg/L	NOM-231-SSA1-2002	13.48 mg/L
Volumen interior total			710 ml
Volumen interior de extracción			620 ml
CAJ3	Máximo 2 mg/L	NOM-231-SSA1-2002	89.15 mg/L
Volumen interior total			820 ml
Volumen interior de extracción			710 ml
CAJ4	Máximo 2 mg/L	NOM-231-SSA1-2002	14.78 mg/L
Volumen interior total			790 ml
Volumen interior de extracción			630 ml

Los resultados de plomo en cajetes superan claramente el valor de especificación exceptuando un valor el del CAJ1 que se encuentra dentro del límite.

Tabla XVIII. Concentración de plomo en jarros.

Registro	Volumen (mL)	Concentración de plomo (mg/L)	Promedio a y b (mg/L)	
JAR1	a	1	15.2178	15.1393
interior	b	1	15.0608	
JAR2	a	1	4.2496	4.2271
Interior	b	1	4.2046	
JAR3	a	1	6.1919	6.1795
interior	b	1	6.1671	
JAR4	a	1	10.0201	10.0490
interior	b	1	10.0779	
JAR1	a	1	17.2219	17.3450
exterior	b	1	17.4681	
JAR2	a	1	0.5169	0.5098
Exterior	b	1	0.5028	
JAR3	a	1	1.4301	1.3986
exterior	b	1	1.3671	
JAR4	a	1	14.0070	14.0640
exterior	b	1	14.1225	

Los jarros fueron catalogados como piezas huecas grandes además de ser las únicas piezas de haberseles medido el volumen interior y exterior.

Tabla XIX. Informe de resultados de Plomo en jarros

Nombre comercial o genérico: Jarro grande con capacidad de 1 litro, color café rojizo con esmalte natural en su interior, altura de 15 cm, 8 cm de base y 11.5 cm de boca.			
Fabricante: Taller alfarero “El terrero San pedro” Estado de Puebla			
Registro: JAR1, JAR2, JAR3, JAR4			
Observaciones: Piezas huecas grandes			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo soluble			
JAR1	Máximo 1 mg /L	NOM-231-SSA1-2002	21.23 mg/L
Volumen interno total			1310 ml
Volumen interno de extracción			1250 ml
Volumen externo de extracción			460 ml
JAR2	Máximo 1 mg/L	NOM-231-SSA1-2002	4.34 mg/L
Volumen interno total			1320 ml
Volumen interno de extracción			1260 ml
Volumen externo de extracción			305 ml
JAR3	Máximo 1 mg/L	NOM-231-SSA1-2002	6.55 mg/L
Volumen interno total			1310 ml
Volumen interno de extracción			1250 ml
Volumen externo de extracción			353 ml
JAR4	Máximo 1 mg/L	NOM-231-SSA1-2002	13.59 mg/L
Volumen interno total			1330 ml
Volumen interno de extracción			1280 ml
Volumen externo de extracción			335 ml

Los valores de la determinación de plomo en jarros son elevados sobrepasando la especificación, que debido al tipo de pieza, cambia el valor a 1 ppm, como lo maneja el informe de resultados para dicha pieza (tabla XIX).

Tabla XX. Concentración de plomo en plato y tazón de talavera.

Registro		Volumen (mL)	Volumen de aforo (mL)	Concentración de plomo (mg/L)	Promedio a y b (mg/L)
PLA1	A	1	1	0.4866	0.4816
	B	1	1	0.4766	
TAZ1	A	1	1	0.1292	0.1281
	B	1	1	0.1270	

Tabla XXI. Informe de resultados de Plomo en plato y tazón de talavera

Nombre comercial o genérico: Plato para sopa de talavera con decoraciones de flores en color azul y verde. Tazón de talavera con decoración de flores en color azul y verde			
Fabricante: Taller alfarero de Chignahuapan Tetela			
Registro: PLA1, TAZ1			
Observaciones: Piezas examinadas de manera particular cada una como piezas huecas pequeñas			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo soluble			
PLA1	Máximo 1 mg /L	NOM-231-SSA1-2002	0.48 mg/L
Volumen interno total			530 ml
Volumen interno de extracción			460 ml
TAZ1	Máximo 1 mg/L	NOM-231-SSA1-2002	Menor a 0.35 mg/L
Volumen interno total			650 ml
Volumen interno de extracción			530 ml

Por último los resultados obtenidos para el plato y tazón de talavera son satisfactorios, (tabla XXXIV) ya que contrario a lo que se esperaba, los valores no sobrepasan la especificación, dato curioso, pues en la elaboración de estos productos se maneja una variedad y cantidad considerable de esmalte y colores, que hacen suponer obtener resultados elevados de plomo.

Tabla XXII. Muestras fortificadas de la determinación de plomo en alfarería vidriada

Registro	Volumen (mL)	Volumen de aforo (mL)	Conc. de metal (mg/L)	de μg Adicionados	Conc. Adicionada (mg/L)	% de recobro
JAR1 interior	25	25	17.1470	50	2.000	100.38
JAR4 exterior	25	25	16.3110	50	2.0000	112.35
PLA1	25	25	2.7864	50	2.0000	115.24
TAZ1	25	25	2.3777	50	2.0000	112.48

5.2 Resultados de plomo en juguetes.

Tabla XXIII. Preparación de soluciones estándar por curva de calibración para la cuantificación de plomo en juguetes.

Analito	Volumen de la sol stock de 100 mg/L (ml)	Vol. de aforo con HCl al 0.07 M (ml)	Concentración Ppm
	0.175	50	0.35
Pb	0.35	50	0.7
Pb	0.9	50	1.8
Pb	1.25	50	2.5
Pb	2.5	50	5.0
Pb	5.0	50	10

Tabla XXIV. Concentración permisible de algunos metales pesados en juguetes²⁸

ELEMENTO	Sb	As	Ba	Cd	Cr	Pb	Hg	Se
CONCENTRACIÓN mg/Kg (ppm)	250	100	500	100	250	600	100	300

Tabla XXV. Concentración de plomo en juguetes

Registro	Parte analizada	Peso muestra (g)	Peso total de la solución (aforo) (g)	Lectura obtenida equipo (mg/Kg)	Conc. De Plomo en ppm (mg/kg)
COC1	Recubrimiento plata con base	0.4384	22.2433	0.2435	12.3546
	Recubrimiento negro con base	0.1167	5.9007	0.1296	6.5530
CAR1	Recubrimiento azul con base	0.1953	9.8810	0.000	***
	Recubrimiento azul duplicado con base	0.2042	10.1693	0.000	***
	Recubrimiento gris con base	0.1751	8.7927	0.0156	0.7834
CAR2	Recubrimiento plata con base	0.3005	15.1608	0.4099	20.6802
	Recubrimiento negro con base	0.4796	24.0472	0.0492	2.4669
	Recubrimiento amarillo con base	0.2311	11.5882	0.000	***
CAR3	Recubrimiento rojo con base	0.2029	10.0049	0.000	***
ROM1	Etiqueta de tambor	0.5644	28.2768	0.000	***
	Etiqueta tambor duplicado	0.5046	25.2799	0.000	***
	Etiqueta boca color rojo	0.1580	7.9187	0.000	***
	Etiqueta de nariz, boca, ojos color negro	0.5032	25.1423	0.000	***
	Etiqueta ojos color blanco	0.5030	24.9244	0.000	***
ZOD1	Recubrimiento gris claro con base	0.5177	25.8022	0.000	***
	Recubrimiento gris claro duplicado	0.5298	26.5569	0.000	***
	Recubrimiento negro con base	0.5021	24.8590	0.000	***
	Recubrimiento gris oscuro con base	0.5374	26.7425	0.000	***
	Recubrimiento gris oscuro duplicado	0.5210	26.0033	0.000	***
	Recubrimiento morado con base	0.5099	25.6164	0.000	***
	Recubrimiento dorado con base	0.5313	26.4122	0.000	***
	Recubrimiento café con base	0.5296	26.4165	0.000	***

***Menor a 0.35 ppm

Ningún valor obtenido después del análisis realizado por EAA (técnica de flama) supera el valor de especificación establecido por la NOM correspondiente tal y como se describe a continuación en el informe de resultados de cada uno de los recubrimientos de los juguetes analizados.

Tabla XXVI. Informe de resultados de Plomo en juguete de cocina

Nombre comercial o genérico: Small chef (Juguete de cocina para niños mayores de tres años plástico)			
Fabricante: Juguete de origen “Chino”			
Registro: COC1			
Observaciones: Piezas examinadas de manera particular cada una			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo soluble en recubrimiento plata con base de estufa y utensilios de cocina	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en recubrimiento negro con base estufa	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg

Tabla XXVII. Informe de resultados de Plomo en carrito azul de juguete

Nombre comercial o genérico: Juguete hot racing car (carro azul)			
Fabricante: Juguete de origen “Chino”			
Registro: CAR1			
Observaciones: Piezas examinadas de manera particular cada una			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo soluble en recubrimiento azul de carrocería con base	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en recubrimiento gris de carrocería con base	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en recubrimiento plata de llantas e interior del coche carrocería con base	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	20.68 mg/Kg

Tabla XXVIII. Informe de resultados de Plomo en carrito amarillo de juguete

Nombre comercial: Juguete hot racing car (carro amarillo)					
Fabricante: Juguete de origen “Chino”					
Registro: CAR2					
Observaciones: Piezas examinadas de manera particular cada una					
DETERMINACIONES			ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo soluble en recubrimiento negro de carrocería con base			Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en recubrimiento amarillo de carrocería con base			Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg

Tabla XXIX. Informe de resultados de Plomo en carrito rojo de juguete

Nombre comercial: Juguete hot racing car (carro rojo)					
Fabricante: Juguete de origen “Chino”					
Registro: CAR3					
Observaciones: Piezas examinadas de manera particular cada una					
DETERMINACIONES			ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo soluble en recubrimiento rojo de carrocería con base			Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg

Tabla XXX. Informe de resultados de Plomo en rompecabezas

Nombre comercial o genérico: 3D puzzle (rompecabezas de plástico en forma de ratón bebe tocando el tambor)			
Fabricante: Mattel			
Registro: ROM1			
OBSERVACIONES: Piezas examinadas de manera particular cada una			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo soluble en etiquetas de tambor	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en etiquetas color rojo de la boca	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en etiquetas color negro de nariz, boca y ojos	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en etiquetas color blanco de ojos	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg

Tabla XXXI. Informe de resultados de Plomo en muñequitos de plástico

Nombre comercial o genérico: Jugete caballero del zodiaco(tres muñequitos de plástico por set)			
Fabricante: Sin dato			
Registro: ZOD1			
Observaciones: Piezas examinadas de manera particular cada una			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo soluble en recubrimiento gris claro con base	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en recubrimiento negro con base	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en recubrimiento gris oscuro con base	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en recubrimiento morado oscuro con base	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en recubrimiento dorado con base	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg
Plomo soluble en recubrimiento café con base	Máximo 90 mg/Kg	NOM-252-SSA1-2011	Menor a 17.5 mg/Kg

Tabla XXXII. Muestras fortificadas de plomo en juguetes.

Registro	Parte analizada	Peso muestra (g)	Peso total de la solución (aforo) (g)	Lectura obtenida equipo (mg/Kg)	Conc de plomo ppm (mg/kg)
CAR3	Recubrimiento rojo con base	0.3695	18.9242	1.8402	94.2471
	µg adicionados	33.3			
	Concentración adicionada	90.1218			
	% de recobro	104.57			
ROM1	Etiqueta tambor	0.5067	25.8997	1.8399	94.0455
	µg adicionados	45.00			
	Concentración adicionada	88.8099			
	% de recobro	105.89			
ZOD1	Recubrimiento gris claro	0.5107	26.0409	1.6943	86.3934
	µg adicionados	45.00			
	Concentración adicionada	88.1114			
	% de recobro	98.04			
ZOD1	Recubrimiento gris oscuro	0.5099	26.0051	1.6987	86.6344
	µg adicionados	45.00			
	Concentración adicionada	88.2526			
	% de recobro	98.16			
	Blanco fortificado 1	25.00	24.9275	1.7067	1.7018
	µg adicionados	45.00			
	Concentración adicionada	1.800			
	% de recobro	94.54			
	Blanco fortificado 2	25.00	24.8839	1.6083	1.6008
	µg adicionados	45.00			
	Concentración adicionada	1.800			
	% de recobro	88.93			

5.3 Resultados de mercurio en agua, sedimento y pescado.

Tabla XXXIII. Preparación de soluciones estándar por curva de calibración para la cuantificación de mercurio en agua, sedimento y pescado.

Concentración de mercurio en $\mu\text{g/L}$	Volumen (μl) agregado del estándar de 1 mg/L de Hg	Volumen (ml) agregado de disol. de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ de conc. de 0.5 g/L	Volumen (ml) agregado de HCl conc.	Volumen (ml) agregado de HNO_3 conc.	Volumen (ml) de aforo total con H_2O
0.0	0.0	10	10	10	100
2.5	250	10	10	10	100
5.0	500	10	10	10	100
10.0	1000	10	10	10	100
15.0	1500	10	10	10	100
20.0	2000	10	10	10	100

Tabla XXXIV. Límite máximo permisible de algunos metales en algunos alimentos como pescados frescos-refrigerados y congelados.³⁰

Especificaciones	Límite máximo
Cadmio (Cd)	0.5
Mercurio(Hg)	1.0
Mercurio como metil mercurio*	0.5
Plomo (Pb)	1.0

*Es necesario únicamente en los casos en que el mercurio total supere el nivel de referencia establecido, con la finalidad de aceptar o rechazar el lote.

Tabla XXXV. Concentraciones de mercurio en muestras de agua, sedimento y pescado.

Registro		Volumen (ml)	Volumen de aforo (ml)	Conc. corregida (mg/L)	Conc. de mercurio (mg/L)	Promedio a y b conc. de mercurio (mg/L)
AGU1	A	25	50	0.2244	0.0004	Menor a 0.025
	B	25	50	0.1436	0.0003	
AGU2	A	25	50	0.1502	0.0003	Menor a 0.025
	B	25	50	0.1487	0.0003	
AGU3	A	25	50	0.1095	0.0002	Menor a 0.025
	B	25	50	0.0222	0.0000	
AGU4	A	25	50	0.0000	0.0000	Menor a 0.025
	B	25	50	0.007	0.0000	
AGU5	A	25	50	0.0000	0.0002	Menor a 0.025
	B	25	50	0.0000	0.0002	
SED1	A	0.523	100	0.2261	0.0432	Menor a 0.025
	B	0.5438	100	0.6651	0.1223	
SED2	A	0.5524	100	0.0232	0.0042	Menor a 0.025
	B	0.5386	100	0.2505	0.0465	
SED3	A	0.5029	100	0.0000	0.0040	Menor a 0.025
	B	0.5004	100	0.0168	0.0034	
PES1	A	0.5458	100	0.7088	0.1299	Menor a 0.025
	B	0.5447	100	0.6024	0.1106	
PES2	A	0.5136	100	0.3599	0.0701	Menor a 0.025
	B	0.5733	100	0.0647	0.0113	
PES3	A	0.5388	100	0.0024	0.0004	Menor a 0.025
	B	0.6176	100	0.0887	0.0144	
PES4	A	0.52	100	0.2355	0.0453	Menor a 0.025
	B	0.5295	100	0.2145	0.0405	
PES5	A	0.5077	100	0.182	0.0358	Menor a 0.025
	B	0.5079	100	0.0085	0.0017	

Tabla XXXVI. Informe de resultados de Mercurio en agua de presa

Nombre comercial o genérico: Agua de Presa. Agua de superficie del cuerpo			
Fabricante: Presa “El comedero” Cosala Sinaloa			
Registro: AGU1, AGU2, AGU3, AGU4, AGU5			
Observaciones: Debido a que el agua es de una presa no se considera especificación de acuerdo la NOM-127-SSA1-1994. Agua para uso y consumo humano			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
AGU1 Mercurio total	S/E	*NMX-AA-051-2001	Menor a 0.003 mg/L
AGU2 Mercurio total	S/E	*NMX-AA-051-2001	Menor a 0.003 mg/L
AGU3 Mercurio total	S/E	*NMX-AA-051-2001	Menor a 0.003 mg/L
AGU4 Mercurio total	S/E	*NMX-AA-051-2001	Menor a 0.003 mg/L
AGU5 Mercurio total	S/E	*NMX-AA-051-2001	Menor a 0.003 mg/L

*NMX-AA-051-2001 análisis de agua. Determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.

Tabla XXXVII. Informe de resultados de Mercurio en sedimento

Nombre comercial o genérico: Sedimento del fondo del cuerpo de agua.			
Fabricante: Presa “El comedero” Cosala Sinaloa.			
Registro: SED1, SED2, SED3			
OBSERVACIONES: La muestra está reportada como mercurio total, la NOM-242-SSa-2009 marca la especificación para metil mercurio como 0.5mg/Kg			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
SED1 Mercurio total	S/E	*CCAYAC-M-260/4	Menor a 0.3 mg/Kg
SED2 Mercurio total	S/E	*CCAYAC-M-260/4	Menor a 0.3 mg/Kg
SED3 Mercurio total	S/E	*CCAYAC-M-260/4	Menor a 0.3 mg/Kg

*CCAYAC-M-260/4 método de prueba para la determinación de metales en productos diversos por absorción atómica.

Tabla XXXVIII. Informe de resultados de Mercurio en pescado

Nombre comercial o genérico: Pescado entero especie : Carpa			
Fabricante: Presa “El comedero” Cosala Sinaloa			
Registro: PES1, PES2, PES3, PES4, PES5			
OBSERVACIONES: La muestra está reportada como mercurio total, la NOM-242-SSa-2009 marca la especificación para metil mercurio como 0.5mg/Kg			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
PES1 Mercurio total	S/E	NOM-242-SSA1-2009	Menor a 0.3 mg/Kg
PES2 Mercurio total	S/E	NOM-242-SSA1-2009	Menor a 0.3 mg/Kg
PES3 Mercurio total	S/E	NOM-242-SSA1-2009	Menor a 0.3 mg/Kg
PES4 Mercurio total	S/E	NOM-242-SSA1-2009	Menor a 0.3 mg/Kg
PES5 Mercurio total	S/E	NOM-242-SSA1-2009	Menor a 0.3 mg/Kg

Los resultados son todos satisfactorios en las muestras de agua, sedimento y pescado, todas por debajo del valor de especificación, inclusive muy por debajo, valores que se muestran lógicos, pues al no existir rastros suficientes de mercurio en agua y sedimentos, no tenía por qué haberlos en los peces analizados.

Tabla XXXIX. Muestras fortificadas de mercurio en agua, sedimento y pescado.

Registro	Volumen (ml)	Volumen de aforo (ml)	Conc. Corregida (mg/L)	Conc de mercurio (mg/L)	µg adicionados	Conc. adicionada (mg/L)	% de recobro
AGU1	25	50	4.2147	0.0089	0.25	0.0100	89.00
AGU3	25	50	5.3806	0.0108	0.25	0.0100	108.00
AGU5	25	50	4.3794	0.0088	0.25	0.0100	88.00
*SED2	0.514	100	4.7624	0.9265	0.5	0.9728	95.24
*SED3	0.5062	100	4.6225	0.9132	0.5	0.9878	92.44
*PES1	0.5035	100	5.5586	1.1040	0.5	0.9930	111.17
*PES3	0.5	100	3.5496	0.8677	0.5	1.0000	86.77
Bco fort 1	1	100	4.9116	0.4912	0.5	0.5000	98.24
Bco fort 2	1	100	4.444	0.4444	0.5	0.5000	88.88

*(peso en g)

Ningún porcentaje de recobro se encuentra fuera del rango establecido (85%-115%)

5.4 Resultados de plomo, cadmio y mercurio en ostión

Tabla XXXX. Preparación de soluciones estándar por curva de calibración para la cuantificación de Cd en ostiones

Volumen de la sol. stock de cadmio de 1000 µg/L (µL)	Volumen de aforo con agua tipo-I (mL)	Concentración (µg/L)
50	50	1.0
100	50	2.0
250	50	5.0
400	50	8.0
500	50	10.0

Tabla XXXXI. Preparación de soluciones estándar por curva de calibración para la cuantificación de Pb en ostiones.

Volumen de la sol. stock de cadmio de 1000 µg/L (µL)	Volumen de aforo con agua tipo-I (mL)	Concentración (µg/L)
250	50	5.0
500	50	10.0
1000	50	20.0
1500	50	30.0
2500	50	50.0

Tabla XXXXII. Concentraciones de plomo, mercurio y cadmio en muestras de ostión.

Registro	Peso (g)	Metal	Volumen de aforo (ml)	Factor de dilución	Factor de conversión	Conc. corregida (µg/L)	Conc. de metal (mg/Kg)	Promedio conc. de metal (mg/Kg)
OST1	a	Pb	50	1	1000	11.56	0.5405	
	b		50	1	1000	4.454	0.1884	0.2253
	c		50	1	1000	6.062	0.2623	
	a	Cd	50	20	1000	2.742	2.5643	2.3867
	b		50	20	1000	2.611	2.2092	
	a	Hg	100	1	1000	2.9751	0.2956	0.2645
	b		100	1	1000	2.4472	0.2334	
OST2	a	Pb	50	1	1000	5.714	0.2605	
	b		50	1	1000	7.562	0.3584	0.3094
	c		50	1	1000	2.919	0.1409	
	a	Cd	50	20	1000	1.773	1.6167	1.5766
	b		50	10	1000	3.242	1.5365	
	a	Hg	100	1	1000	1.8639	0.1823	0.196
	b		100	1	1000	2.19	0.2097	

Tabla XXXXIII. Informe de resultados de Plomo, cadmio y mercurio en ostión 1.

Nombre comercial o genérico: Ostión fresco en concha			
Fabricante: “Bahía Altata” Ensenada Pabellones			
Registro: OST1			
Observaciones:			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo	Máximo 1 mg/Kg	NOM-242-SSA1-2009	0.26 mg/Kg
Cadmio	Máximo 2 mg/Kg	NOM-242-SSA1-2009	2.39 mg/Kg
Mercurio total	Máximo 1 mg/Kg	NOM-242-SSA1-2009	0.30 mg/Kg

De acuerdo a los resultados reportados en la tabla anterior el valor que sobrepasa el límite de especificación es aquel en el que se cuantificó cadmio, aunque el valor no sobrepasa por mucho el límite, se considera fuera de norma.

Tabla XXXXIV. Informe de resultados de Plomo, cadmio y mercurio en ostión 2.

Nombre comercial o genérico: Ostión fresco en concha			
Fabricante: “Barra de Teacapán” Escuinapa Sinaloa			
Registro: OST2			
Observaciones:			
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES	REFERENCIA	RESULTADOS
Plomo	Máximo 1mg/Kg	NOM-242-SSA1-2009	0.31 mg/ kg
Cadmio	Máximo 2 mg/Kg	NOM-242-SSA1-2009	1.58 mg/Kg
Mercurio total	Máximo 1 mg/Kg	NOM-242-SSA1-2009	Menor a 0.25 mg/Kg

Ningún valor reportado de la cuantificación de plomo y cadmio en ostiones de la tabla XXXXIV supera el límite de especificación, podríamos mencionar que al igual que la “bahía de Ensenada” se tiende a un aumento en la concentración de cadmio en los ostiones de la “barra de Sinaloa” esto se debe a la capacidad de estos moluscos por acumular en sus tejidos además de los otros metales pesados, su especial afinidad por el cadmio.A

A continuación se presentan los valores del porcentaje de recobro para plomo y cadmio en ostiones los cuales se encuentran dentro del rango establecido (85%-115%).

Tabla XXXXV. Muestras fortificadas de plomo, cadmio y mercurio en ostiones.

Registro	Metal	Peso (g)	Volumen de aforo (ml)	Factor de dilución	Factor de conversión	Conc. corregida (µg/L)	Conc. de metal (mg/Kg)
OST1	Pb	0.9888	50	1	1000	24.56	1.2419
µg adicionados		1					
Conc. Adicionada		1.0113					
% de recobro		100.52					
OST2	Pb	1.065	50	1	1000	25.06	1.1765
µg adicionados		1					
Conc. Adicionada		0.9390					
% de recobro		92.34					
Blanco Fort.1	Pb	1	50	1	1000	22.27	1.1135
µg adicionados		1					
Conc. Adicionada		1.000					
% de recobro		111.35					
OST1	Cd	0.9888	50	20	1000	3.443	3.4820
µg adicionados		1					
Conc. Adicionada		1.0113					
% de recobro		108.31					
OST2	Cd	1.065	50	20	1000	2.793	2.6225
µg adicionados		1					
Conc. Adicionada		0.9390					
% de recobro		111.38					
Bco. fort.1	Cd	1	50	10	1000	1.795	0.8975
µg adicionados		1					
Conc. Adicionada		1.000					
% de recobro		89.75					
OST1	Hg	1.1033	100	1	1000	8.5641	0.7762
µg adicionados		0.5					
Conc. Adicionada		0.4532					
% de recobro		106.04					
OST2	Hg	1.0208	100	1	1000	7.6764	0.7520
µg adicionados		0.5					
Conc. Adicionada		0.4898					
% de recobro		113.51					
Blanco fort. 1	Hg	1.0208	100	1	1000	5.4197	0.5309
µg adicionados		0.5					
Conc. Adicionada		0.5000					
% de recobro		106.18					

6. Discusión de resultados

Plomo en alfarería vidriada.

Se llevó a cabo la determinación de plomo en alfarería vidriada de diversas piezas provenientes de 5 talleres alfareros establecidos en diferentes estados del país como lo indica la tabla VIII. Para este tipo de determinación por Espectrofotometría de Absorción Atómica se utilizó la técnica de flama, que nos permitió obtener las concentraciones de las diferentes piezas de alfarería analizadas en unidades de ppm. Todas las piezas fueron sometidas a una simulación de condiciones de uso extremo para que los resultados nos propiciaran un amplio margen de seguridad en el empleo de estos artículos.

Los talleres de donde provienen las diferentes piezas de alfarería, trabajan de manera artesanal, realizando sus productos manualmente y utilizando recursos que se encuentran a su alcance, factores que influyen de manera determinante en la diferencia de concentraciones de niveles de plomo, pero podemos mencionar que los esmaltes y barnices utilizados en la decoración de dichas piezas elevan considerablemente el nivel de plomo en estos utensilios. No podemos dejar de mencionar que en nuestro país existen un sinnúmero de talleres alfareros, es una actividad económica que sostiene a un sinnúmero de familias mexicanas, por lo que la regulación, en este caso de metales pesados, específicamente el plomo, hoy en día cobra una importancia considerable y que busca por medio de diferentes normas, que se cumplan con las especificaciones establecidas y prevenir así, un problema de salud pública.

Plomo en juguetes

La intoxicación de plomo es un problema de salud pública que está lejos de ser considerado superado, a pesar de algunas acciones implementadas. En la actualidad, son los niños quienes contribuyen la población más vulnerable. En este caso y después de haber analizado los juguetes mencionados en la tabla IX sabemos que existe el riesgo de exposición del plomo en las pinturas y tintas con los que dichos juguetes están fabricados. El riesgo es mayor en los niños, debido al comportamiento de llevarse a la boca objetos no comestibles, hábito conocido como “pica”. Al chupar, lamer o tragar objetos recubiertos con pintura que contienen el plomo, éstos entran al organismo vía tracto digestivo provocando graves daños al ser humano como se ha mencionado anteriormente.

Al observar la apariencia física y la procedencia de los juguetes analizados se esperaba encontrar resultados diferentes a los obtenidos, sorpresivamente los resultados nos muestran todo lo contrario. Los juguetes que se analizaron son en su mayoría son de “origen chino”, hay un juego de cocina elaborado de plástico y tres carritos de color azul, amarillo y rojo respectivamente, además de un rompecabezas de la marca Mattel y un set de tres muñequitos de plástico sin marca.

Resultados que sorprenden por el origen de procedencia de la mayoría de juguetes que ingresan al país de manera ilegal y de contrabando.

El plomo sigue representando un problema de salud pública por la gran variedad de productos que lo contienen y que lo utilizan en su fabricación. Los efectos a la salud del plomo son, principalmente, dependientes de las etapas de desarrollo de la exposición y de la magnitud de la dosis interna. La evidencia muestra, que el plomo es multitóxico, causando efectos en el tracto gastrointestinal, sistema cardiovascular, sistema nervioso central y periférico, riñones y el sistema inmunológico.

La dosis letal de plomo absorbido se estima en 0.5 g; la acumulación y toxicidad ocurren si se absorben más de 0.5 mg/día. Si comparamos dicho dato con el resultado de algún producto de alfarería de valor elevado por ejemplo, de algún jarro que sobrepasa 1mg/L según la especificación, observamos que el valor es realmente alto y si le agregamos el tiempo de posible exposición, el peligro se eleva considerablemente, por lo que resulta realmente importante llevar a cabo un registro durante ciertos periodos de tiempo que nos ayuden a tomar acciones para tratar de mantener los valores de plomo dentro de la especificación.

Mercurio en agua sedimento y pescado

Las poblaciones que sufren el mayor impacto de la contaminación ambiental por mercurio son las que comen pescados contaminados, especialmente las comunidades costeras y comunidades cercanas a ríos, lagos y/o presas, como en este caso, que se determinó la concentración de mercurio total y no de metilmercurio que es una forma orgánica que se acumula en los peces. Pero el hecho de que se determinó mercurio total y no metilmercurio no disminuye el riesgo por dicha intoxicación, aunque es necesario señalar el mayor grado de intoxicación y riesgo por metilmercurio.

Fue de suma importancia la determinación del mercurio en el cuerpo de agua, pues este se distribuye tanto en el agua (fase líquida) como en los sedimentos y pescados (fase sólida). Esta partición entre los dos sistemas depende de la solubilidad de los compuestos de mercurio y de la cantidad de grasa en la fase sólida, por esta razón es porque resulto tan importante la determinación en pescado, permaneciendo con las formas más hidrosolubles en la fase líquida. Cabe mencionar que otros factores importantes en la determinación de la tasa de adsorción del mercurio que definitivamente influyen son las condiciones químicas del medio (presencia de especies químicas, pH, temperatura, etc.).

Los sedimentos contaminados por mercurio también son peligrosos porque el mercurio puede permanecer activo para su metilación durante unos 100 años, aunque la fuente de contaminación sea eliminada.

Plomo cadmio y mercurio en ostiones

Es bien sabido que la contaminación del medio marino por metales pesados puede afectar la calidad de los alimentos destinados al hombre. Por eso es que nos enfocamos en la determinación de plomo, cadmio y mercurio en los ostiones de dos diferentes lugares, la “bahía de Ensenada” y la “barra de Sinaloa”, ya que los ostiones son buenos indicadores biológicos que nos muestran si los metales han sido incorporados a la cadena trófica.

El fin no es comparar ambos resultados y determinar cuál está más contaminado por dichos metales, sino el haber estimado la concentración de los metales ya mencionados y contribuir a la prevención por intoxicación.

Porcentaje de recobro

Cada uno de los porcentajes de recobro se encuentra dentro de los límites establecidos por los diferentes métodos de cuantificación de cada metal que van del 85 al 115% como ya se mencionó anteriormente. El porcentaje de recobro fue utilizado para evaluar la recuperación del analito presente o agregado a la muestra como medida de control de calidad, así se logró evaluar el proceso de preparación, digestión o interferencias que pudieran existir el explicar el método de ensayo.

El análisis de las muestras ya mencionadas tiene por objetivo conocer cualitativamente y/o

cuantitativamente los metales pesados que se encuentran presentes en cada matriz con la mayor exactitud y precisión posible, reduciendo la incertidumbre asociada a las mediciones realizadas mejorando la optimización de las técnicas analíticas que nos permitan obtener mayor sensibilidad para cuantificar cantidades cada vez más pequeñas de metales pesados o cualquier otro contaminante para poder prevenir a la población de posibles riesgos a su salud, muestreando objetos de uso común y que se utilizan de manera cotidiana. Además de identificar posibles focos de contaminación en el ambiente, principalmente en los cuerpos de agua como lagunas, lagos y presas, así como en seres vivos como pescados y ostiones, principales indicadores biológicos de contaminación ambiental

Si bien es cierto que los resultados en general, exceptuando los niveles de plomo en alfarería, son satisfactorios cabe recalcar que es necesario implementar acciones preventivas y correctivas que ayuden a mejorar la salud pública y a disminuir el impacto clínico negativo de los metales pesados mediante evaluaciones periódicas y continuas, ¿Cómo? Implementando programas de mayor difusión de información acerca de los posibles riesgos sanitarios a la población que ocasionan los metales pesados, otra manera de prevenir sería ampliar la cobertura de estudio o análisis fisicoquímico de metales pesados, no solo en estas muestras sino en otras más, extendiendo el estudio a diferentes zonas o Estados del país. Que a su vez nos propicien información necesaria para tomar acciones a fin de mantener los valores por debajo de las especificaciones establecidas.

El estudio de los posibles riesgos sanitarios en la población es una tarea compleja y exige la participación multidisciplinaria de profesionistas dedicados a la caracterización química, toxicológica, clínica y social de dichos eventos.

El análisis de los posibles riesgos sanitarios para la población del país y no solo de los tratados en esta investigación, conduce a un mejor conocimiento del estado real del medio ambiente, así como al entendimiento de diferentes procesos que suceden a nuestro alrededor.

De manera preocupante, los factores medioambientales que conducen a la exposición riesgosa para la salud de la población, en general se ven potenciados en nuestro país, por la falta de disponibilidad de la población por informarse acerca de los posibles riesgos a la salud propia por diferentes factores que nos amenazan, de la poca difusión de información de los medios o instituciones reguladoras de dichos procesos. Si bien es cierto que se ha avanzado a pasos

agigantados en la regulación de los procesos mencionados falta mucho por hacer y lograr una cobertura total en el país para que se cumpla con la normatividad establecida y disminuir así los riesgos a la salud pública. También es necesaria la participación activa de la población en general, por acercarse a las Instituciones reguladoras de dichos procesos así como a los sectores de Salud Pública para estar informados de los acontecimientos que ponen en riesgo la salud propia, la de la población del país y conocer las condiciones del medio ambiente que nos rodea.

7. Conclusiones

Se determinó la concentración plomo en alfarería vidriada y juguetes por EAA técnica de flama.

El taller de “Xalitla” del Estado de Guerrero,(tabla XIII) el taller alfarero de Zacatecas No. 2(tabla XVII) y el taller alfarero de “El terrero San pedro” del Estado de Puebla,(tabla XIX) de un total de cinco(tabla VIII) son los talleres que sus piezas presentan resultados por encima de la especificación basada en la NOM-231-SSAI-2002, en la concentración de plomo.

Los juguetes analizados de diferentes marcas y de importación la mayoría de origen chino, todos se encuentran por debajo del valor de especificación establecido por la NOM-252-SSA-2011.

Se determinó la concentración de mercurio en agua, sedimento y pescado por EAA técnica de generador de hidruros.

Se determinó la concentración de plomo y cadmio en ostiones por EAA técnica de horno de grafito.

Las muestras de agua, sedimento, pescado y ostiones no sobrepasan los valores de especificación a excepción de la concentración de cadmio en el OST1 (tabla XXXXIII) resultados referidos a la NOM-242-SSA-2009 y NMX-AA-051-2001.

Los resultados obtenidos nos muestran la gravedad de los niveles de intoxicación que pueden provocar los objetos analizados y los riesgos a la salud que representan cuando no se tiene un adecuado control sobre ellos, por eso es tan importante la cuantificación de los metales pesados, para realizar acciones que detengan el riesgo y prevenir los efectos en la salud pública.

Con los resultados obtenidos de la cuantificación de metales pesados en las diferentes muestras se busca generar soluciones analíticas, dictámenes técnicos oportunos basados en datos reales y precisos que permitan la mejor toma de decisiones para proteger la salud de la población evitando cualquier posible riesgo sanitario.

8. Referencias

1. Academia Nacional de Medicina. Seminario internacional sobre Clínica del Mercurio. Editor ANM pp. 60-110.
2. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). Estudio de caso en medicina ambiental (CSEM). La toxicidad del plomo [en línea] Actualización: 20/08/2007. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/docs/plomo.pdf>.
3. Alfonso Clavijo Díaz, (2002). Fundamentos de Química Analítica. Editor Universidad Nacional de Colombia, pp. 799-843.
4. AOAC. Oficial Method (1999).17. Lead, and Cadmium Extracted from Ceramic Food ware. Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometric (GFAAS) Method. First Action.
5. AZEVEDO, FA (2003). Toxicologia do mercúrio. São Carlos: RiMa,. São Paulo: InterTox.
6. Baird Colin (2001). Química ambiental. Editorial Reverte. pp. 391-424.
7. Boudene C. (1978). Food contamination by metals. En: Trace metals: exposure and health effects. (E. Di Ferrante, Ed.), Pergamon Press, Inglaterra, pp. 163-164. Bryan G. W. y Hummerstone L. G. (1973). Adaptation of the polychaete *Nereis diversicolor* to estuarine sediments containing high concentrations of zinc and cadmium. *J. Mar. Biol. Assoc.* 53, 839-857.
8. Camean Arie (1995). Toxicología avanzada. Ediciones Díaz de Santos. pp 393-424.
9. Concon JM. Food toxicology. Part B: Contaminants and additives. New York: Marcel Dekker Inc; 1988:1033-1173. 1988;11(2)107-114.
10. Daniel C. Harris, (2007). Análisis Químico Cuantitativo. Editorial Reverte. pp 407-516.
11. ESPANOL CANO, (2001) S. Toxicología del mercurio. Actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental. In: Jornada Internacional Sobre El Impacto Ambiental Del Mercurio Utilizado Por La Minería Aurífera Artesanal en Iberoamérica, 2001, Lima.
12. Eto K, Tokunaga Y, Nagashima K, Takeuchi T (2002). An autopsy case of Minamata disease (Methylmercury poisoning)–Pathological viewpoints of peripheral nerves. *Toxicologic Pathology*; 30(6):714-22.
13. Fontana D., (2013). Intoxicación por Plomo y su tratamiento Farmacológico. *Revista de salud pública (XVII)* 1:49-59

14. Forstner V. y Wittmann G. T. (1979). Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag, Berlin, 486 p.
15. García L., Jara-Marini E. (1996), Aplicación de microondas en la digestión de hígado bovino para la cuantificación de metales pesados., Rev. Int. Contam. Ambient. 12(1), 41-44, 1996.
16. Goldberg D. E. (1975). Marine Pollution. En: Coastal Oceanography. (J. P. Riley y G. Skirrow, Eds). Academic Press, Londres, Vol. 3, pp. 39-89.
17. Goldberg E.D. (1984). The Mussel Watch Concept. La Sirena. En: Noticias del Programa del PNUMA para los Mares Regionales. No. 23, mayo 1984, pp. 22-28.
18. González Fernández E. Toxicocinética y evaluación de riesgos para la salud producidos por exposición a cadmio. Medicina y Seguridad del Trabajo. 1988. XXXV: 3-17.
19. Kingston H.M. y Walter P.J. (1992). Comparison of microwave versus conventional dissolution for environmental applications. Spectroscopy 7, 29-27.
20. La Dou J. Medicina Laboral y Ambiental. 2ª. Edición. México:Ed. El Manual Moderno. 1999.
21. Martínez López F.J., Ruiz Ortega J.M., (2001). Manual de gestión de riesgos sanitarios. Ediciones Díaz de Santos. 262 páginas.
22. Mayero , (2000).Manual de toxicología básica. Ediciones Díaz de Santos. pp. 619-648.
23. Metales Pesados consultado en www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/MetalesPes.htm
24. Metales Pesados- Instituto Nacional de Ecología consultado en www.inecc.gob.mx/sqre-temas/763-aqre-metales
25. Methods “Metals by atomic Absorption Spectrometry”, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, USA, American Public Health Association (APHA), Washington, DC 20005, 19th Edition 1995.
26. Niemi A, Venäläinen ER, Hirvi T, Hirn J, Karppanen E. The lead, cadmium, mercury and lead concentrations in muscle, liver and kidney from finish pigs and cattle during 1987-1988. European Food Res Tech 1991;192(5):427-429.
27. 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).

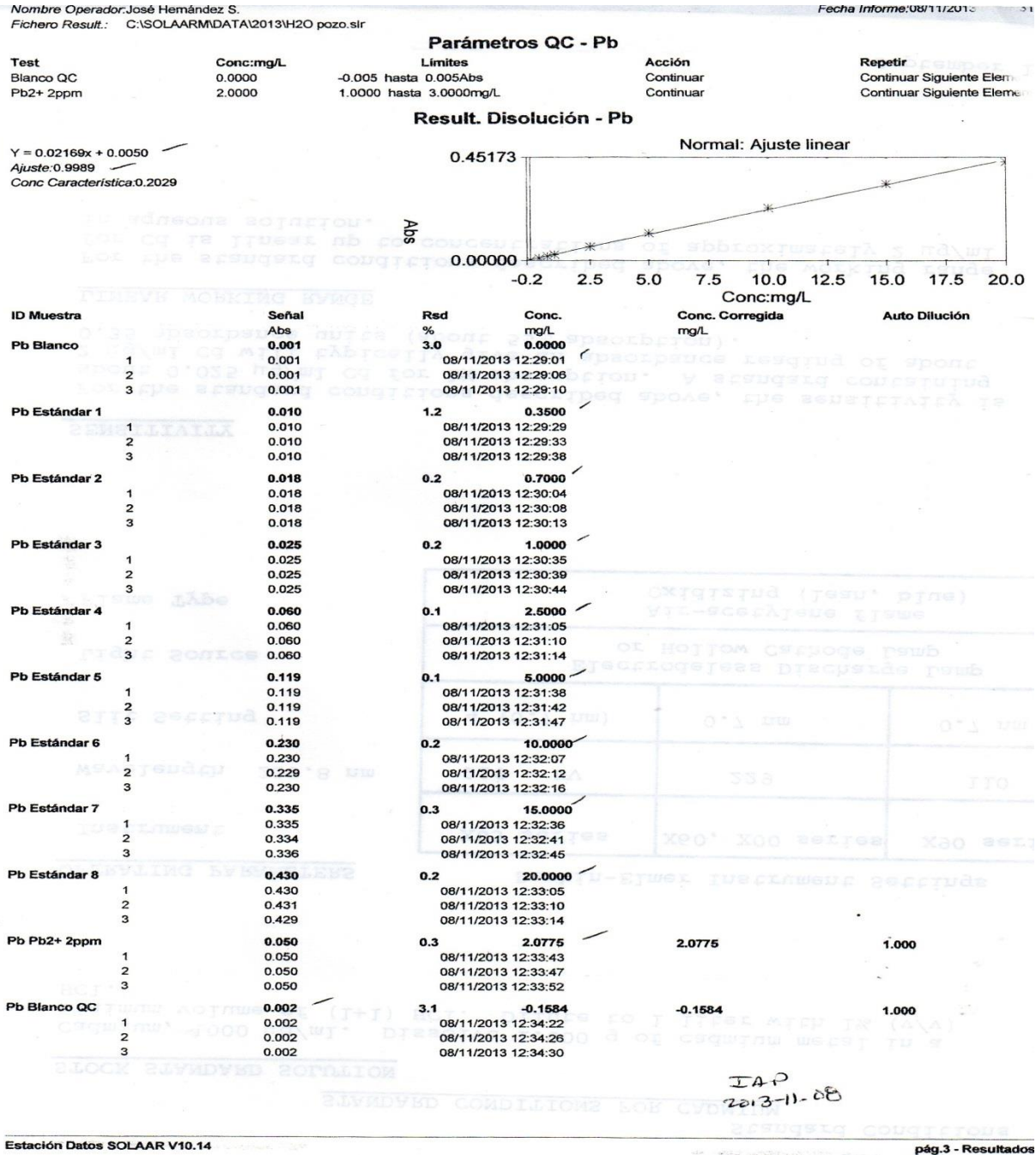
28. NOM-015/1-SCFI-SSA-1994. Seguridad e información comercial en juguetes. Seguridad de juguetes y artículos escolares. Límites de biodisponibilidad de metales en artículos recubiertos con pinturas y tintas. Especificaciones químicas y métodos de prueba
29. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-117-SSA-1994, Bienes y Servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, cobre, zinc, estaño, hierro y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
30. NORMA Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba.
31. Norma Oficial Mexicana. NOM-231-SSA1-2002. Artículos de alfarería vidriada, cerámica vidriada y porcelana. Límites de plomo y cadmio solubles. Método de Ensayo.
32. Norseth T. (1979). Health effects of niquel and chromium. En: Trace metals: exposure and health effects. (E . Di Ferrante, Ed.), Pergarnon Press, Inglaterra. pp. 135136.
33. OMS/ Contención de riesgos sanitarios específicos consultado en www.who.int/ihr/health_risks/es/
34. Páez-Osuna F., Botello A.V. y Villanueva S.F. (1986). Heavy metals in Coatzacoalcos Estuary and Ostion Lagoon, México. Mar. Pollut. Bull. 11, 516-519.
35. Protección Contra riesgos sanitarios consultado en www.cofepris.gob.mx/
36. Ramirez A., (2002). Toxicología del Cadmio. American College of Occupational and Environmental Medicine, Anales de la Facultad de Medicina. Vol. 63 No. 1 51-64.
37. Revista de Salud Pública, (XVII) 1:49-59, abr. 2013 PeRanoVIch ac | Perfil sanitario de la provincia de córdoba. Desarrollo y eficacia de las políticas de salud. años 2000-2007 51
38. Richard D. Beaty, (2000). Conceptos, Instrumentación y Técnicas de Espectrofotometría por Absorción Atómica. Perkin Elmer de México S.A.
39. Robles J., Pastor de Abram A., (1993). Toxicología Química. Revista de Química. Vol. VII. No.1 56-61.
40. Rondia D. (1978). Sources modes and levels of human exposure to niquel and chromium. En: Trace metals: exposure and health effects. (E. Di Ferrante Ed.), Pergamon Press, Inglaterra, pp. 117-1 18.

41. Rosas P.I., Báez A. y Belmont R. (1983). Oyster (*Crassostrea virginica*) as indicator of heavy metals pollution in some lagoons of the Gulf of Mexico. *Water, Air and Soil Pollut.* 20, 127-135.
42. Sierra I., Gómez R., Pérez D., Morante S., (2010). *Análisis instrumental, Volumen I*, Editor Netbiblo, pp. 65-97
43. Skoog, A. Douglas, (2000). "Química analítica". 7ª edición. Mc Graw-Hill. México.
44. Sogorb Sanchez M. A., Vilanova G. E. (2004). *Técnicas analíticas de contaminantes químicos: Aplicaciones medioambientales y alimentarias*. Ediciones Díaz de Santos S.A., No. de páginas 320.
45. Solly SRB, Revfein KJA, Finch GD. Concentration of cadmium, copper, selenium, zinc and lead in tissues of cattle, pigs and sheep. *N Z J Sci* 1981;24(1):81-87.
46. Spierenburg ThJ, De Graaf GJ, Baars AJ, Brus DHJ. Cadmium, zinc, lead and copper in livers and kidneys of cattle in the neighbourhood of zinc refineries. *Environ Monitoring Assessment* 1991.
47. Sunderman F. W. (1977). A review of the metabolism and toxicology of nickel. *Ann. Clin. Lab. Sci.* 7,377-398.
48. Valkovic V. (1980). *Analpsis of biological matmial fm trace elements using X ray spectroscopy*. (V. Valkovic, Ed.), Boca Raton, Florida Press, 242 p.
49. Vázquez F., Aguilera C., Delgado D. y Márquez A. (1990). Trace and heavy metals in the oyster *Crassostrea virginica*, San Andrés Lagoon, Tamaulipas, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 45,907-914.
50. Willard H. *Métodos Instrumentales de Análisis*, Editorial Grupo Editorial Iberoamérica, pag. , 222-226.

9. Apéndice

Apéndice A: Señales de EAA

Figura VI. Curva de calibración para la determinación de plomo en alfarería



Apéndice B: Señales de EAA

Figura VII. Curva de calibración para la determinación de plomo en juguetes

Nombre Operador: IAP

Fecha Informe: 22/11/2013 02:15:27

Fichero Result.: C:\SOLAAR\MDATA\2013\Juguetes.sir

Parámetros Calibrac. - Pb

Modo Calibrac.: Normal
 Unidades Concentrac.: mg/L
 Ajuste Aceptable: 0.995
 Estándar Maestro: 20.0000
 Estándar1: 0.3500
 Estándar2: 0.7000
 Estándar3: 1.8000

Ajuste Lineal: Linear
 Unidades Escala: mg/L
 Re-escalar Limite: 10.0%

Usar Calibr. Almacenada: No
 Factor Escala: 1.0000
 Acción Fallida: Señalizar y continuar

Estándar4: 2.5000
 Estándar5: 5.0000
 Estándar6: 10.0000

Parámetros QC - Pb

Test
 Blanco QC
 Pb2+ 1.8 ppm

Conc.: mg/L
 0.0000
 1.8000

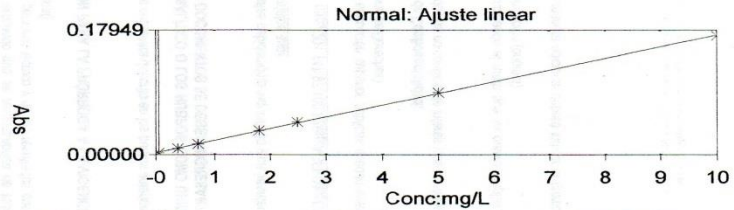
Limites
 -0.005 hasta 0.005 Abs
 1.6200 hasta 1.9800 mg/L

Acción
 Continuar
 Continuar

Repetir
 Continuar Siguiente Elemento
 Continuar Siguiente Elemento

Result. Disolución - Pb

$Y = 0.01687x + 0.0033$
 Ajuste: 0.9998
 Conc Característica: 0.2608



ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L	Auto Dilución
Pb Blanco	0.002	2.2	0.0000		
1	0.002		22/11/2013 01:43:24		
2	0.002		22/11/2013 01:43:28		
3	0.002		22/11/2013 01:43:32		
Pb Estándar 1	0.009	0.8	0.3500		
1	0.009		22/11/2013 01:43:49		
2	0.009		22/11/2013 01:43:53		
3	0.009		22/11/2013 01:43:57		
Pb Estándar 2	0.015	0.7	0.7000		
1	0.015		22/11/2013 01:44:14		
2	0.015		22/11/2013 01:44:19		
3	0.015		22/11/2013 01:44:23		
Pb Estándar 3	0.034	0.2	1.8000		
1	0.034		22/11/2013 01:44:40		
2	0.034		22/11/2013 01:44:45		
3	0.034		22/11/2013 01:44:49		
Pb Estándar 4	0.046	0.9	2.5000		
1	0.047		22/11/2013 01:45:06		
2	0.046		22/11/2013 01:45:10		
3	0.046		22/11/2013 01:45:14		
Pb Estándar 5	0.089	0.5	5.0000		
1	0.089		22/11/2013 01:45:29		
2	0.090		22/11/2013 01:45:34		
3	0.089		22/11/2013 01:45:38		
Pb Estándar 6	0.171	0.3	10.0000		
1	0.171		22/11/2013 01:45:55		
2	0.171		22/11/2013 01:45:59		
3	0.172		22/11/2013 01:46:03		
Pb Muestra Blanco	0.003	3.6	-0.0441	0.0000	1.000
1	0.002		22/11/2013 01:46:33		
2	0.003		22/11/2013 01:46:37		
3	0.003		22/11/2013 01:46:42		
Pb Pb2+ 1.8 ppm	0.034	0.4	1.8397	1.8839	1.000
1	0.034		22/11/2013 01:47:03		
2	0.034		22/11/2013 01:47:07		
3	0.034		22/11/2013 01:47:11		

IAP
 2013-11-25

Apéndice C: Señales de EAA

Figura VIII. Curva de calibración para la determinación de mercurio en agua, sedimento, pescado y ostiones.

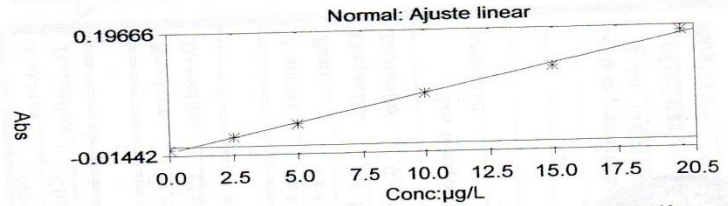
Informe SOLAAR AA

Nombre Operador: José Hernández S.
 Fichero Result.: C:\SOLAAR\MDATA\2013\Ostiones.slr

Fecha Informe: 05/11/2013 12:34:00

Y = 0.00952x - 0.0080
 Ajuste: 0.9977
 Conc. Característica: 0.4623

Result. Disolución - Hg



ID Muestra	Señal	Rsd %	Conc. µg/L	Conc. Corregida µg/L	Auto Dilución
Hg Blanco	-0.005	9.3	0.0000		
1	-0.004	Fondo: 0.000		05/11/2013 11:33:00	
2	-0.005	Fondo: 0.000		05/11/2013 11:33:04	
3	-0.005	Fondo: 0.000		05/11/2013 11:33:09	
Hg Estándar 1	0.016	2.6	2.5000		
1	0.016	Fondo: 0.001		05/11/2013 11:35:51	
2	0.016	Fondo: 0.001		05/11/2013 11:35:56	
3	0.017	Fondo: 0.001		05/11/2013 11:36:00	
Hg Estándar 2	0.037	0.5	5.0000		
1	0.037	Fondo: 0.002		05/11/2013 11:38:14	
2	0.037	Fondo: 0.002		05/11/2013 11:38:19	
3	0.037	Fondo: 0.002		05/11/2013 11:38:23	
Hg Estándar 3	0.086	0.8	10.0000		
1	0.085	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:40:29	
2	0.086	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:40:34	
3	0.087	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:40:38	
Hg Estándar 4	0.130	0.5	15.0000		
1	0.129	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:42:32	
2	0.130	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:42:36	
3	0.131	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:42:41	
Hg Estándar 5	0.187	0.6	20.0000		
1	0.188	Fondo: 0.004		05/11/2013 11:44:22	
2	0.188	Fondo: 0.005		05/11/2013 11:44:26	
3	0.186	Fondo: 0.004		05/11/2013 11:44:31	
Hg Muestra Blanco	-0.000	>99	0.8321	0.0000	1.000
1	0.000	Fondo: 0.002		05/11/2013 11:51:58	
2	0.000	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:52:03	
3	-0.000	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:52:07	
Hg Hg 10 ppb	0.079	1.0	9.1072	8.2752	1.000
1	0.078	Fondo: 0.004		05/11/2013 11:54:02	
2	0.079	Fondo: 0.004		05/11/2013 11:54:06	
3	0.079	Fondo: 0.004		05/11/2013 11:54:11	
Hg HCl, K2Cr2O7	0.000 T	>99	0.8455 T	0.0135 T	1.000
1	0.000	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:57:16	
2	-0.000	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:57:21	
3	0.000	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:57:25	
Hg 2997 a	0.020	1.1	2.9751	2.1430	1.000
1	0.020	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:59:46	
2	0.020	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:59:50	
3	0.021	Fondo: 0.003		05/11/2013 11:59:55	
Hg 2997 b	0.015	8.4	2.4472	1.6152	1.000
1	0.014	Fondo: 0.003		05/11/2013 12:01:50	
2	0.016	Fondo: 0.003		05/11/2013 12:01:55	
3	0.016	Fondo: 0.003		05/11/2013 12:01:59	
Hg 2998 a	0.010	1.4	1.8639	1.0319	1.000
1	0.010	Fondo: 0.003		05/11/2013 12:04:11	
2	0.010	Fondo: 0.003		05/11/2013 12:04:16	
3	0.010	Fondo: 0.003		05/11/2013 12:04:20	
Hg 2998 b	0.013	1.1	2.1020	1.0579	1.000
1	0.013	Fondo: 0.003		05/11/2013 12:06:05	
2	0.013	Fondo: 0.004		05/11/2013 12:06:09	
3	0.013	Fondo: 0.004		05/11/2013 12:06:14	

JAP
2013-11-07

Apéndice D: Señales de EAA

Figura IX. Curva de calibración para la determinación de cadmio en ostiones.

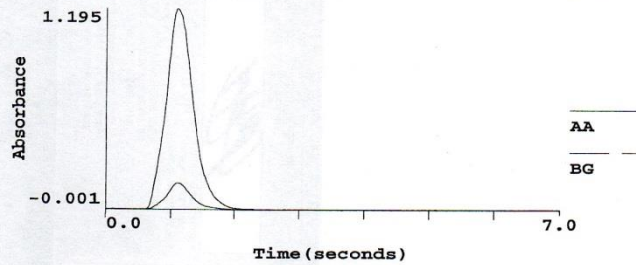
Method: Cadmio alimentos Page 6 Date: 10/16/2013 12:10:13

```

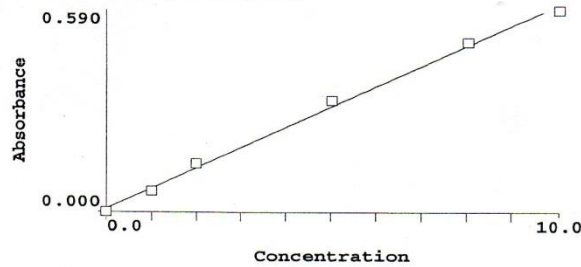
=====
Sequence No.: 6
Sample ID: std 10 ppb
Analyst:
Initial Sample Wt:
Dilution:
uL dispensed: 5 from 80, 20 from 3
Autosampler Location: 3
Date Collected: 10/16/2013 12:01:10 PM
Data Type: Original
Initial Sample Vol:
Sample Prep Vol:
=====
  
```

Replicate Data: std 10 ppb

Repl #	Sample Conc ug/L	Std Conc ug/L	Blk Corr Signal	Peak Area	Peak Height	Bkgnd Area	Bkgnd Height	Time	Peak Stored
1	[10]	[10]	0.5918	0.5922	1.2034	0.0684	0.1577	12:02:40	Yes
2	[10]	[10]	0.5876	0.5879	1.1894	0.0672	0.1544	12:05:41	Yes
3	[10]	[10]	0.5897	0.5900	1.1954	0.0688	0.1554	12:08:42	Yes



Mean: [10] 0.5897
 SD: 0 0.0021
 %RSD: 0 0.36
 Standard number 5 applied. [10]
 Correlation Coef.: 0.998450 Slope: 0.05958 Intercept: 0.01009



Calibration data for Cd 228.8 Equation: Linear, Calculated Intercept

ID	Mean Signal (Abs)	Entered Conc. ug/L	Calculated Conc. ug/L	Standard Deviation	%RSD
Calib Blank 1	0.0000	0	-0.169	0.00	97.6
std 1 ppb	0.0605	1.0	0.846	0.01	19.3
std 2 ppb	0.1399	2.0	2.179	0.01	10.1
std 5 ppb	0.3241	5.0	5.269	0.00	1.5
std 8 ppb	0.4955	8.0	8.146	0.00	0.6
std 10 ppb	0.5897	10.0	9.728	0.00	0.4

Correlation Coef.: 0.998450 Slope: 0.05958 Intercept: 0.01009

Apéndice E: Señales de EAA

Figura X. Curva de calibración para la determinación de plomo en ostiones.

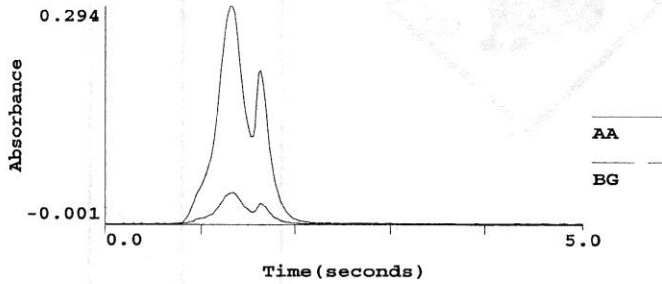
Method: PB-alimentos Page 6 Date: 10/15/2013 10:3

```

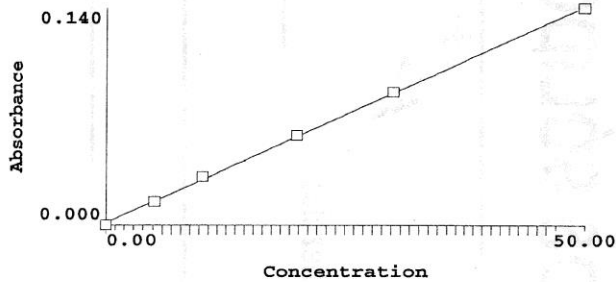
=====
Sequence No.: 6                               Autosampler Location: 3
Sample ID: std 50.0 ppb                       Date Collected: 10/15/2013 10:25:14 AM
Analyst:                                       Data Type: Original
Initial Sample Wt:                             Initial Sample Vol:
Dilution:                                     Sample Prep Vol:
uL dispensed: 5 from 80, 20 from 3
=====
    
```

Replicate Data: std 50.0 ppb

Repl #	Sample Conc ug/L	Std Conc ug/L	Blk Corr Signal	Peak Area	Peak Height	Bkgnd Area	Bkgnd Height	Time	Peak Stored
1	[50.00]	[50.00]	0.1407	0.1413	0.3106	0.0179	0.0445	10:26:44	Yes
2	[50.00]	[50.00]	0.1390	0.1397	0.2908	0.0180	0.0417	10:29:45	Yes
3	[50.00]	[50.00]	0.1404	0.1411	0.2936	0.0183	0.0423	10:32:46	Yes



Mean: [50.00] 0.1401
 SD: 0.00 0.0009
 %RSD: 0.00 0.64
 Standard number 5 applied. [50.00]
 Correlation Coef.: 0.999770 Slope: 0.00279 Intercept: 0.00149



Calibration data for Pb 283.3 Equation: Linear, Calculated Intercept

ID	Mean Signal (Abs)	Entered Conc. ug/L	Calculated Conc. ug/L	Standard Deviation	%RSD
bco	0.0000	0	-0.533	0.00	27.8
STD 5.0 ppb	0.0151	5.0	4.877	0.00	3.8
std 10.0 ppb	0.0310	10.00	10.574	0.00	2.7
std 20.0 ppb	0.0577	20.00	20.163	0.00	1.7
std 30.0 ppb	0.0857	30.00	30.217	0.00	1.0
std 50.0 ppb	0.1401	50.00	49.702	0.00	0.6

Correlation Coef.: 0.999770 ✓ Slope: 0.00279 ✓ Intercept: 0.00149 ✓

JAP
2013-11-07

10. GLOSARIO

Alfarería: material inorgánico no metálico que se produce a altas temperaturas. Su principal componente es el barro rojo. La superficie puede ser vidriada o esmaltada para hacerla más impermeable, resistente o con propósitos decorativo-estéticos.

Material Base: material sobre el que se depositan o se forman los recubrimientos.

Recubrimientos: todas las capas del material que cubre el material base.

Raspado: remoción de un recubrimiento hasta el material base sin quitar parte de éste.