

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA**



**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE PLOMO EN LA
MIEL PRODUCIDA POR ABEJAS (*Apis mellifera*) EN
LA REGIÓN SUR OCCIDENTE DE LA REPÚBLICA DE
GUATEMALA**

EDVIN DAVID CHAVARRIA PINEDA

LICENCIADO EN ZOOTECNIA

GUATEMALA, JULIO DE 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA**



**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE PLOMO EN LA MIEL
PRODUCIDA POR ABEJAS (*Apis mellifera*) EN LA REGIÓN
SUR OCCIDENTE DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

POR

EDVIN DAVID CHAVARRIA PINEDA

Al conferírsele el título profesional de

Zootecnista

En el grado de Licenciado

GUATEMALA, JULIO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
JUNTA DIRECTIVA

DECANO: M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
SECRETARIA: Dr. Hugo René Pérez Noriega
VOCAL I: M.Sc. Juan José Prem González
VOCAL II: Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta
VOCAL III: Lic. Zoot. Alex Rafael Salazar Melgar
VOCALIV: Br. Luis Gerardo López Morales
VOCAL V: Br. María José Solares Herrera

ASESORES

LIC. ZOOT. MIGUEL ÁNGEL RODENAS ARGUETA

LIC. ZOOT. EDGAR AMÍLCAR GARCÍA PIMENTEL

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE PLOMO EN LA MIEL PRODUCIDA POR ABEJAS (*Apis mellifera*) EN LA REGIÓN SUR OCCIDENTE DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

LICENCIADO EN ZOOTECNIA

ACTO QUE DEDICO A:

- A DIOS:** Padre celestial quien me proveyó la sabiduría, la fuerza y paciencia para enfrentar y culminar con entereza cada fase de mi vida.
- A LA VIRGEN MARIA:** Madre de madres, reina de reinas que, siendo nuestra gran intercesora, alumbraste mi camino hacia el conocimiento.
- A LA USAC Y FMVZ:** Alma mater donde se forjó mi futuro profesional y en donde viví un sinfín de experiencias, junto a los compañeros y amigos.
- A MIS PADRES:** Como ángeles protectores de mi vida, enseñanza, paciencia y formación para ser un hombre de bien.
- A MIS HERMANOS:** Eternos cómplices y compañeros de aventuras aciertos y desaciertos de la vida.
- A MIS ASESORES:** Por ser mis amigos, guías y ejemplos a seguir en la vida profesional.
- A MIS AMIGOS:** A mis hermanos de otra madre que siempre estuvieron en el camino dando fuerzas para continuar.

AGRADECIMIENTOS

- A MIS PADRES:** David Armando Chavarría Delgado (E.P.D.), Zoila Efigenia Pineda Cabrera, gracias por creer, confiar y apoyarme en este ciclo de mi vida, viejos, ¡lo logramos!.
- A MIS HERMANOS:** Mónica mi segunda madre y Armando por alentarme a seguir adelante y cuidar de mi camino.
- A MI HIJO:** Dante Alejandro, norte que marco mi rumbo.
- A MI
COMPAÑERA DE VIDA:** Marta Guadalupe Gómez González, por tu amor, cariño y comprensión en las buenas y en las malas. Gracias por tu apoyo.
- A MIS ASESORES Y
EVALUADORES:** Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta, Lic. Zoot. Edgar Amílcar García Pimentel. Por el apoyo y la paciencia en la realización de este proyecto que significa la culminación de esta etapa de mi vida.
- A MIS CATEDRATICOS:** Licda. Rita Pérez, Lic. Miguel Rodenas, Lic. Rodolfo Chang, Lic. Vinicio de la Rosa, por ser los faros que guiaron mi camino.
- A LA EUSAC, EMUSAC Y
EFAUSAC** Por todas las vivencias y aventuras que fueron parte de mi formación.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	HIPÓTESIS.....	3
III.	OBJETIVOS.....	4
	3.1 Objetivo general.....	4
	3.2 Objetivo específico.....	4
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
	4.1 Miel.....	5
	4.2 Composición y calidad de la miel.....	5
	4.3 Características de la miel.....	6
	4.3.1 Características de pureza.....	6
	4.3.2 Inocuidad.....	7
	4.3.3 Contaminantes.....	7
	4.3.4 Miel de abejas como indicador ambiental.....	8
	4.3.5 Plomo.....	9
	4.3.6 Metales pesados.....	10
	4.3.7 Procedimientos para la toma de muestras de miel de abejas.....	10
	4.3.8 Muestreo de miel en lotes mezclados.....	11
	4.3.9 Pipeta sacamuestra.....	11
	4.3.10 Técnicas espectrométricas.....	11
	4.3.11 Principios de la espectrometría de absorción atómica.....	12
	4.3.12 Espectrometría de absorción atómica con atomización electrotérmica (ETAAS).....	12
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
	5.1 Materiales.....	14
	5.1.1 Materiales para la recolección de muestras.....	14
	5.1.2 Materiales de laboratorio.....	14
	5.2 Metodología.....	14
	5.3 Análisis de la muestra.....	17
	5.4 Llevar a cabo el análisis.....	18

5.5	Localización del experimento.....	18
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
6.1	Determinación de la presencia de plomo.....	19
6.2	Determinación de ppb de plomo en muestras.....	19
6.3	Discusión de resultados.....	20
VII.	CONCLUSIONES.....	22
VIII.	RECOMENDACIONES.....	23
IX.	RESUMEN.....	24
	SUMMARY.....	26
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
XI.	ANEXOS.....	32

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1.

Método de medición con el colorímetro de pfund..... 6

CUADRO 2.

Límites máximos permitidos..... 10

CUADRO 3.

Estándar utilizado para realización de curva de calibración..... 16

CUADRO 4.

Resultados de muestras de miel expresado en PPB..... 20

I. INTRODUCCIÓN

El consumo de la miel y otros productos de la colmena se ha incrementado a nivel mundial. Según datos del censo nacional apícola, en Guatemala hay 3,500 apicultores con un total aproximado de 150,000 colmenas y una producción de 3,000 toneladas métricas anuales (VISAR-MAGA, 2015), lo que posiciona a Guatemala como el mayor productor y exportador de estos productos en Centro América. De esta producción se estima que un 80% se destina a exportación, principalmente a Europa (Barrios, 2016). Según datos del Comité Apícola de la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT, Comité apícola, 2015), el monto de las ventas al exterior también creció en un 18.63%, al pasar de 1 mil 964 toneladas en 2014 a 2 mil 330 toneladas en 2015.

Debido a que las características físicas, químicas y organolépticas de la miel son determinadas por el tipo de néctar que recogen las abejas, la miel producida en Guatemala se ha hecho acreedora a varios premios a nivel internacional, sin embargo. La calidad e inocuidad pueden ser alteradas por errores en el proceso de producción, cosecha y envasado de la miel (MAGA, VISAR, 2014).

Según datos del inventario nacional apícola del VISAR-MAGA, la mayor concentración de apiarios registrados se encuentra en el área Sur y Sur-Occidente de Guatemala. Asimismo, en dicha área se concentran varios monocultivos, los cuales son tratados con distintos pesticidas y abonos químicos estos cultivos son un grave riesgo de contaminación para los apiarios. Es por ello que podría disminuir drásticamente las características de inocuidad del producto e incluso convertirla en no apta para el consumo humano.

Por lo anterior, este trabajo de investigación pretende determinar si la inocuidad de la miel de esa área se ve afectada por residuos de metales pesados en proporciones dañinas para el consumo humano.

La determinación de metales pesados en muestras sometidas a contaminación ambiental tales como aguas naturales constituidas por una fase acuosa, una gaseosa y una o más fases sólidas, y productos alimenticios es de creciente interés, debido a los efectos fisiológicos de la ingestión de éstos. A pesar de la importancia que reviste la contaminación por metales pesados en los alimentos de origen animal, Guatemala no cuenta con protocolos o normas para la evaluación de los niveles mínimos aceptables en la miel de abeja, aun cuando es un producto de consumo directo.

Éste trabajo de investigación pretende determinar la presencia de plomo en la miel recolectada en centros de acopio del Área Sur Occidente de Guatemala.

II. HIPÓTESIS

La miel proveniente del Área Sur Occidente de la República no presenta residuos de plomo.

III. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- Comprobar la presencia de metales pesados en miel producida en la Región Sur Occidental de la República de Guatemala.

4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la presencia de plomo en la miel producida en la región Sur Occidente de la República de Guatemala.
- Cuantificar en partes por billón (ppb) la presencia de plomo en miel de la región Sur Occidental de Guatemala.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Miel

Se le denomina al producto principal de la colmena, aunque no es el único que se encuentra en la colmena. Es elaborado por las abejas del género *Apis* Linneo, 1758, este género de himenópteros ápidos se incluyen las abejas productoras de miel (excluidos los meliponinos, que también producen miel, pero carecen de aguijón). Las cuales luego de recolectar el néctar de flores o secreciones de las plantas vivas, es transformada y combinada con sustancias propias, es almacenada en los panales, donde luego de pasar por un proceso de maduración se encuentra lista para su utilización o explotación (MAGA, VISAR, 2014).

Su principal clasificación se da en base al origen botánico, y puede ser en miel de flores las cuales pueden ser uniflorales y multiflorales o en mielada, la que se obtiene principalmente de secreciones dulces de las partes de las plantas vivas.

También se pueden clasificar según su procedimiento de cosecha, según su presentación, según su forma de producción o según su destino (MAGA, VISAR, 2014).

4.2 Composición y calidad de la miel

La miel es esencialmente una solución acuosa de diferentes azúcares, en la que predominan glucosa, fructosa y sacarosa. Además, contiene trazas de enzimas, ácidos orgánicos, sustancias minerales, polen (aminoácidos y otros elementos), oligosacáridos (incluidas las dextrinas propias de la miel), así como vestigios de hongos, algas, levaduras y otras partículas sólidas, como

consecuencia del proceso de producción y obtención de la miel (MAGA, VISAR, 2014).

El color de la miel varía de casi incoloro a pardo oscuro. Su consistencia puede ser fluida, viscosa o total o parcialmente cristalizada. El sabor y el aroma varían, pero derivan de la planta de origen (OMS, 2000).

La clasificación según color de la miel se da en el siguiente cuadro:

CUADRO 1. MÉTODO DE MEDICIÓN CON EL COLORÍMETRO DE PFUND

Color	Mm
Blanco agua	0-8
Extra blanco	8-16
Blanco	16-34
Ámbar extra ligero	35-50
Ámbar ligero	51-84
Ámbar	85-114
Oscuro	115-140

Fuente: (OIRSA, 2010)

4.3 Características de la miel

4.3.1 Características de pureza

La miel no debe contener ningún ingrediente adicional, incluidos los aditivos alimentarios, sustancias inorgánicas u orgánicas extrañas a su composición. Es decir, todo aquello que no cumpla la definición de miel, no puede denominarse miel, especialmente jarabes de plantas o jarabes con sabores elaborados a partir de otros azúcares, incluido el jarabe de maíz de alta fructosa (MAGA, VISAR, 2014).

4.3.2 Inocuidad

Significa que el alimento no causará daño al consumidor, ya que no contiene contaminantes biológicos (microorganismos patógenos), químicos (insecticidas, herbicidas, acaricidas, antibióticos, etcétera) o físicos (residuos de alambres, metal, astillas de madera, etcétera) (MAGA, VISAR, 2014).

4.3.3 Contaminantes

Desde el punto de vista químico, el término metales pesados se aplica al grupo de elementos químicos con una densidad igual o superior a 5 gr cm^{-3} cuando está en forma elemental o cuyo número atómico es superior a 20. Metales considerados pesados como el plomo (Pb), cadmio (Cd) y zinc (Zn) son tóxicos para la salud humana cuando se ingiere en cantidades superiores a las permisibles. Los metales pesados pueden llegar a los vegetales como producto de actividades industriales, vehículos, minería y ceniza volcánica, estas emisiones pueden depositarse sobre los vegetales durante su producción, transporte y comercialización, además, se ha demostrado que la deposición atmosférica eleva significativamente los niveles de contaminación por metales pesados (Turkdogan, 2002)

De acuerdo con esto, los elementos tóxicos representan un riesgo para la salud humana y para los ecosistemas, aun en bajas concentraciones. Estos elementos provienen de diferentes fuentes: combustibles, aerosoles urbano-industriales, desechos líquidos y sólidos de origen animal y humano, industria minera, química y textil, etc. En el sector agropecuario son fuentes contaminantes las aguas residuales utilizadas para riego, enmiendas agrícolas, compost, plaguicidas y fertilizantes (Navarro Aviñó, 2007).

Debido a que los seres humanos somos incapaces de metabolizar metales tóxicos, estos tienden a bioacumularse en el organismo de acuerdo con la alta afinidad con el grupo sulfhidrilo de las proteínas, hasta alcanzar niveles altos de toxicidad. La bioacumulación es un aumento de la concentración de un producto químico en un organismo biológico en un cierto plazo, de forma que llega a ser superior a la del producto químico en el ambiente. La toxicidad está causada frecuentemente por la imposibilidad del organismo afectado para mantener los niveles necesarios de excreción. El proceso se agrava durante el paso por las distintas cadenas tróficas, debido a que los niveles de incorporación sufren un fuerte incremento a lo largo de sus sucesivos eslabones, siendo en los superiores donde se hallan los mayores niveles de contaminantes. A este proceso se le denomina biomagnificación; es decir, muchas toxinas que están diluidas en un medio, pueden alcanzar concentraciones dañinas dentro de las células, especialmente a través de la cadena trófica. De esta manera, la ingesta de estos elementos puede generar graves daños a la salud del consumidor (Navarro Aviñó, Aguilar Alonso, & López-Moya, 2007).

En general, la exposición o ingestión de metales pesados por un largo periodo de tiempo está relacionada con varios tipos de cáncer, problemas en el desarrollo de fetos y niños, artritis, enfermedades cardiovasculares, dolencias renales, etc.

4.3.4 Miel de abejas como indicador ambiental

La modificación del entorno que desarrolla el hombre ha tenido como resultado un gran impacto sobre el ecosistema a tal punto que, por ejemplo, actividades industriales, mineras, agrícolas, entre otras, han dejado consigo gran variedad de compuestos químicos que han desencadenado el deterioro progresivo de los recursos naturales. Muchos de estos compuestos extraños al ecosistema o xenobióticos, además de ser tóxicos, poseen la capacidad de permanecer

inalterados durante largos periodos de tiempo, resistiéndose a los procesos de degradación química y biológica. La conservación de sus propiedades fisicoquímicas permite su propagación y acumulación en diferentes compartimientos ambientales existentes (Rodríguez, 2014).

Una vez que están presentes en la naturaleza, los contaminantes pueden afectar a diferentes organismos que pertenecen a dichos compartimientos. En este contexto, las abejas gracias al papel polinizador que desarrollan, tienen la capacidad de interactuar en diferentes compartimientos y permanecer expuestas a estos agentes tóxicos. De esta manera, cuando los contaminantes entran en contacto directo con las abejas, pueden ser transportados, almacenados y concentrados en la colmena junto con la miel (Rodríguez, 2011).

4.3.5 Plomo

Es el metal con propiedades tóxicas que más se ha propagado en el ambiente en las últimas décadas. Puede ocasionar alteraciones neurológicas, nefrotoxicidad, anemia, cáncer de riñón. Los animales pueden absorber plomo por inhalación o ingestión. Si la absorción es lenta, la excreción lo es más aún, de manera que el plomo tiende a acumularse. La anemia es el primer síntoma de envenenamiento crónico producido por el plomo en los animales, dado que interfiere en la síntesis del grupo hemo, reflejándose en síntomas tales como náuseas, vómitos y dolores abdominales. Más grave es la degeneración del tejido en el sistema nervioso central. El Pb suele aprovechar la metabolización del Ca para sustituirlo y dañar la célula (Navarro Aviñó J.P., Aguilar Alonso I., López-Moya J.R., 2007).

4.3.6 Metales pesados

La miel estará exenta de metales pesados, en cantidades que puedan constituir un peligro para la salud humana (Organización Mundial de la Salud, 2000).

Los metales pesados como cadmio, plomo y mercurio, son residuos inaceptables en la miel y productos apícolas. Estos metales pueden llegar a la miel por medio de aguas contaminadas, equipos apícolas con soldaduras con plomo y recubrimiento con pinturas que no sean grado alimentario en las colmenas utilizadas por los apicultores. Debido a esto, es importante proporcionar a las abejas agua limpia, ya sea de fuentes naturales o bebederos. Los límites máximos permitidos se presentan en el cuadro 2 (MAGA, VISAR, 2014).

CUADRO 2. LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS

Elemento	Límite máximo permitido (LMP)
Cadmio	No más de 10 ppb
Mercurio	No más de 40 ppb
Plomo	No más de 10 ppb
Arsénico	NA

Fuente (VISAR-MAGA, 2014).

4.3.7 Procedimientos para la toma de muestras de miel de abejas

Las muestras deberán ser tomadas de contenedores previamente homogenizados. Introducir la pipeta sacamuestra hasta extraer aproximadamente 500 gramos de muestra y trasvasijar a envases apropiados (si la miel presenta impurezas como ceras, restos de vegetales o de abejas en su superficie, arrastrar

o eliminar dichas impurezas previo a la toma de muestra) (AGRICULTURA, MINISTERIO DE, 2009).

4.3.8 Muestreo de miel en lotes mezclados

En caso de lotes mezclados en tanques, se debe tomar una muestra de 250 ml del lote homogenizado. Una muestra compuesta no debe representar más de 70 toneles (MAGA, VISAR, 2014).

4.3.9 Pipeta sacamuestras

Consiste en un tubo de vidrio o de metal de 50 mm de diámetro por 1000 mm de largo de extremos afinados, de aproximadamente 15mm de diámetro, y que tiene en la parte superior dos anillos que facilitan su manejo o equivalente (AGRICULTURA, MINISTERIO DE, 2009).

4.3.10 Técnicas espectrométricas

La espectrometría de absorción atómica es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra (Pérez, 2010). Para el análisis de metales tóxicos en productos de la colmena la espectrofotometría de llama es una herramienta sólida, ya sea, en modo de absorción (FAAS por sus siglas en inglés *Flame Atomic Absorption Spectrometry*) o de emisión (FOES por sus siglas en inglés *Flame Optical Emission Spectrometry*) con llama de acetileno/aire o acetileno/NO₂. Sin embargo, el uso de equipo con horno de grafito (ETAAS por sus siglas en inglés *Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry*) o plasma acoplado inductivamente con una antorcha de 8000 °C (ICP-OES por sus siglas en inglés *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*) permiten obtener mejores resultados con respecto a límites de detección (Bogdanov, 2007) y de cuantificación (Pohl, 2009).

4.3.11 Principios de la espectrometría de absorción atómica

La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analito en una muestra. Se basa en gran medida en la ley de Beer-Lambert. En resumen, los electrones de los átomos en el atomizador, pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante, mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento.

Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a partir de la ley de Beer-Lambert, calcular cuántas de estas transiciones tiene lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide (Pérez, 2010).

4.3.12 Espectrometría de absorción atómica con atomización electrotérmica (ETAAS)

La Espectrometría de Absorción Atómica con Atomización Electrotérmica (o con Horno de Grafito (GFAAS)), es uno de los métodos espectrométricos, que se pueden acoplar a la Generación de Hidruros. ETAAS está basada en la absorción de átomos libres, producidos desde la muestra que está depositada en un pequeño tubo de grafito (celda de grafito), el cual es calentado a elevadas temperaturas, para producir la atomización. Para incrementar la sensibilidad, a veces es necesario acoplar un sistema de pre concentración (Noriko Hata, Hiromi Yamada, Issei Kasahara, Shigeru Taguchi, 2004), propone un método, empleando una membrana que hace las veces de filtro de retención para especies hidrofóbicas, incluidas las del arsénico, en muestras de agua. El material retenido

sobre la columna, es disuelto y eluido, con ácido sulfúrico o un solvente orgánico adecuado, y es llevado al horno de grafito. Este método de pre concentración tiene límite de detección comparable a FI-HG-AAS. Esta técnica (ETAAS), es una de las más aceptadas para la determinación de trazas de arsénico en sistemas acuosos. De hecho, el método 200.9 de la EPA, para la determinación de As, se basa en esta metodología con el empleo de plataforma de temperatura estabilizada y modificadora de matriz en base a Mg y Pd. Otra metodología muy popular que utiliza ETAAS, es la formación de complejos del As (III) con pirrolidinditiocarbamato de amonio (APDC), el cual puede ser retenido en una resina de intercambio aniónico. Este método, se emplea para la determinación de As (III), mientras que el arsénico total (III, V) se lo determina de forma similar, pero previamente reduciendo el As (V) al estado III con tiosulfato de sodio (Anezaki K., Nukatsuka I., Ohzeki K, 1999).

El método propuesto ha sido aplicado con excelentes resultados, a la determinación de plomo en muestras de agua natural y en hojas de vegetales (Aznárez Alduan, J. Palacios, F. y Vidal, J.C., 1982).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Materiales para la recolección de muestras

- Guantes quirúrgicos desechables de látex.
- Paletas de madera estéril tipo bajalengua.
- Varillas de acero inoxidable, con protector de tubo plástico, para muestrear miel en toneles (sacamuestras).
- Frascos plásticos herméticos de 250 ml.
- Bolsas y marchamos.
- Toallas desechables de papel.
- Cajas para transporte de muestras.
- Vehículo.
- Cámara fotográfica.

5.1.2 Materiales de laboratorio

- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- Horno de grafito para espectrofotometría.
- Lámpara para detección de plomo.
- Tubos de ensayo.
- Pipetas volumétricas.

5.2 Metodología

El método para el presente estudio se realizó en dos fases:

- **Fase I**

Se recolectaron muestras de miel en el área de Sur Occidente de la República de Guatemala, para el efecto se contó con un centro de acopio de cada departamento incluido en el estudio, estos fueron: muestra 1 centro de acopio en San Juan Alotenango Sacatepéquez, muestra 2 Centro de acopio El Bosque, Retalhuleu Quetzaltenango, muestra 3 centro de acopio de San Antonio Suchitepéquez, muestra 4 comercial Apícola Pova en Coatepeque Quetzaltenango, y muestra 5 en San Marcos Centro de acopio de la Cooperativa de Apicultores de Sur Occidente (COPIASURO), a razón de una muestra con su respectiva contra muestra en cada centro de acopio. La recolección se realizó desde contenedores de miel homogenizada. Cada muestra se transportó en envases de vidrio de 250 ml, de acuerdo al método validado en el manual oficial de Procedimientos para la Toma de Muestras de Miel de Abejas (*Apis Mellifera L.*) por el VISAR-MAGA.

- **Fase II**

Las muestras se transportaron al laboratorio de Bromatología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se procedió a realizar las diluciones y análisis respectivos, el método utilizado fue la espectrofotometría de absorción atómica, además, para aumentar la sensibilidad de la misma, fue necesario utilizar la atomización electro térmica mediante horno de grafito, con lo que se logró la determinación de plomo a nivel de ppb.

Para evitar la interferencia de iones cloruro en el método, la dilución se elaboró a un pH=4,0 con 1-pirrolidin-ditiocarbamato amónico en cloroformo, para proporcionar un método de pre-concentración y la simultánea eliminación de la interferencia del cloruro en la extracción del plomo. Con el

método propuesto se alcanzó un límite de detección de 0,5 µg./ L-1 de plomo con respuesta lineal en el intervalo de 5 hasta 100 µg. /L-1 de plomo para inyecciones de 20 µL del extracto clorofórmico en el horno de grafito.

CUADRO 3. ESTÁNDAR UTILIZADO PARA REALIZACIÓN DE CURVA DE CALIBRACIÓN

Curva de baja concentración (0-20 µg totales de Pb)			
Concentración agregado (µg /L, ppb)	Pb Agregado (µg)	Vol St Pb 1 mg/L a agregar (UI)	Volumen HNO₃ 5% a agregar (UI)
0	Blanco	0	100
25	2	2.5	97.5
50	5	5	95
100	1	10	90
150	1	15	85
200	2	20	80

Fuente: Elaboración propia

- Preparación de controles: se preparó al menos dos soluciones para controlar las distintas porciones de la curva de calibración. Se sugiere preparar controles de calidad a partir de un lote de estándares diferentes de la curva de calibración.
- Preparación de la muestra: se homogenizó la muestra y se pesó aproximadamente entre 0.05-0.5 g por duplicado en cubetas de níquel, previo al lavado.

- Lavado de cubetas de níquel, y/o cuarzo: se tomó las cubetas de níquel a usar, colocándolas con una cantidad abundante de HNO_3 10% en un recipiente grande que permita agitación por ultrasonido.
- Tapar el balón con para film y colocarlo en baño ultrasónico por 30 minutos, pasados los 30 minutos, se vació el exceso de ácido y coloca agua desionizada limpia en el balón con las cubetas. Se dejó en baño ultrasónico por 10 minutos.
- Pasados los 10 minutos, se desechó el exceso de agua.
- Se secaron las cubetas con papel mayordomo.

5.3 Análisis de la muestra

- El equipo DMA-80 posee dos rangos de lectura. Los rangos están dados por la concentración de la muestra a trabajar, es decir:
- Celda de lectura de baja concentración: rango 0 a 20 μg totales de Pb.
- Celda de lectura de alta concentración: rango de 20 a 100 μg totales de Pb.
- La calibración del equipo, se consideró una curva de calibración de baja concentración para realizar una detección de 0 a 20 μg totales de Pb.
- Configurar el método en el equipo.

5.4 Llevar a cabo el análisis

- Cálculo de resultados.
- El equipo DMA-80 expresará el resultado en μg totales de mercurio. Además, se configuró el equipo para realizar una detección en $\mu\text{g/L}$.

5.5 Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Determinación de la presencia de plomo

Se corrieron muestras duplicadas, para asegurar la validez de cada determinación. El análisis de las muestras 1, 2, 4 y 5 presentaron lectura negativa tanto en la primera repetición como en la segunda, lo cual indica ausencia de Plomo en las mismas en cantidades de 5 µg o menos; sin embargo, en la muestra 3 se observa una lectura positiva, aunque menor al límite permitido por VISAR-MAGA, no obstante, hace variar la desviación estándar al promediar ambas repeticiones.

6.2 Determinación de las ppb de plomo en muestras

En el cuadro 4 se observan trazas del elemento en la muestra 3, existiendo variación en los valores obtenidos entre las repeticiones, se detectaron 4.58 ppb en la segunda repetición de la muestra. Esta diferencia se puede explicar por la mayor concentración en la muestra analizada por la repetición 2 (dilución 1:5) en relación a la repetición 1 (dilución 1:5), lo que permite detectar concentraciones de elementos más bajas en la miel al usar la repetición 1. Esta situación, a pesar que difiere de las demás muestras analizadas, no llega a representar un valor suficiente para considerarse no apta para el consumo humano, puesto que el límite máximo permitido por VISAR-MAGA es de 10 ppb.

CUADRO 4. RESULTADOS DE MUESTRAS DE MIEL EXPRESADO EN PPB

	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	Muestra # 4	Muestra # 5
Repetición 1	-33.41	-13.46	-37.55	-25.04	-14.77
Repetición 2	-38.85	-16.38	4.58	-20.88	-13.26
Promedio	-36.13	-14.92	-16.48	-22.96	-14.02
SD (desviación estándar)	3.844	2.068	29.79	2.945	1.068

Fuente: Elaboración propia

6.3 Discusión de resultados

Los análisis realizados mostraron que los niveles de plomo, en 4 de las muestras de miel estudiadas se encuentran por debajo del mínimo establecido por la CEE (5 µg) para estos productos, y únicamente en una de las repeticiones de una muestra se detectó la presencia del metal.

Según el codex alimentarius (Organización Mundial de la Salud, 2000), “La miel deberá estar exenta de metales pesados en cantidades que puedan constituir un peligro para la salud humana”.

Los metales pesados como Plomo, Cadmio y Mercurio pueden llegar a la miel por medio de aguas contaminadas, equipos apícolas con soldaduras con plomo y pinturas que no sean grado alimentario. Debido a esto, es importante proporcionar a las abejas agua limpia, ya sea de fuentes naturales o bebederos. Los metales pesados son residuos inaceptables en la miel y productos apícolas. Diversos autores han señalado que las abejas y sus productos pueden servir como bioindicadores de la contaminación ambiental presente en su área de vuelo (Fernández Maeso, E. Subrá Muñoz de La Torre, A. OrtizValbuena, 1994).

La tendencia actual del mercado internacional de la miel se presenta cada vez con mayores exigencias en cuanto a calidad, por lo que es necesario promover todas las acciones posibles para producir mieles libres de residuos (McKee, 2003). La detección de compuestos que no habían sido encontrados antes en las importaciones de miel realizadas por la Unión Europea, ha originado un incremento en el control de los residuos existentes (Danty, 2003). En este marco, la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, implementa en la actualidad, nuevos métodos de laboratorio con el objetivo de cumplir con la actualización de normativas que garanticen la denominación de origen e inocuidad de la miel guatemalteca.

Dado que la miel es un recurso alimenticio dependiente de los factores bióticos y abióticos cercanos al apiario, la presencia de metales pesados debiera relacionarse con su origen geográfico y botánico.

VII. CONCLUSIONES

- Las lecturas para niveles de Plomo en las muestras No. 1 centro de acopio en San Juan Alotenango Sacatepéquez, muestra No. 2 Centro de acopio El Bosque, Retalhuleu Quetzaltenango, muestra No. 4 comercial Apícola Pova en Coatepeque Quetzaltenango, y muestra No. 5 del centro de acopio de la Cooperativa de Apicultores de Sur Occidente (COPIASURO) en San Marcos, no superan 10.0 ppb, por lo cual se consideran aptas para consumo humano; La muestra No.3 del centro de acopio de San Antonio Suchitepéquez, presenta una variación con respecto a las otras muestras, esto puede ser a causa de varios factores tanto bióticos como abióticos, aun así los niveles detectados no representan peligro para el consumo humano (MAGA, VISAR, 2014).
- Dado que las mieles provienen de los principales centros de acopio de la región sur occidente en Guatemala, puede concluirse que los niveles de plomo en las mieles acopiadas en dicha región de Guatemala no son nocivos para consumo humano.

VIII. RECOMENDACIONES

- Utilizar de forma rutinaria el método de espectrofotometría de absorción atómica en muestras de mieles de toda la república para la detección de metales pesados y así garantizar la inocuidad de éstas.
- Implementar la metodología para la detección de Arsénico y Cadmio en espectrofotómetro de absorción atómica, como un servicio proporcionado por el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el fin de proveerlo a los productores de toda la república.
- Realizar un muestreo individualizado por productores en el centro de acopio de la muestra No.3 del centro de acopio de San Antonio Suchitepéquez, con el fin de detectar el o los apiarios de donde proviene la muestra contaminada.
- Coordinar conjuntamente entre VISAR-MAGA y el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la implementación de análisis periódicos en los apiarios registrados por el MAGA en la república para garantizar la calidad de la miel recibida por los centros de acopio.

IX. RESUMEN

La miel de abeja es un producto de la colmena, es un producto único, resultado de la interacción entre los reinos vegetal y animal el cual es utilizado de forma directa en la alimentación humana, así también como ingrediente en la elaboración de distintos productos, tanto para el consumo como alimento como en productos de higiene y cuidado personal, dicho producto se compone esencialmente de diferentes azúcares (75%), predominantemente fructuosa y glucosa además de otras sustancias como ácidos orgánicos, aminoácidos, enzimas, minerales, vitaminas y partículas sólidas derivadas de la recolección, esta composición la provee de alta digestibilidad y de gran valor biológico, dichos beneficios se ven disminuidos por una serie de contaminantes que pueden ser perjudiciales para el ser humano.

Entre los contaminantes podemos encontrar metales pesados como son: plomo, arsénico, cadmio y el plomo que es el metal con propiedades tóxicas que más se ha propagado en el ambiente en las últimas décadas. Este puede provocar alteraciones neurológicas, nefrotoxicidad, anemia, cáncer de riñón. Los animales y los humanos pueden absorber plomo por inhalación o ingestión, aquí radica la importancia del estudio de este contaminante, dicho metal pesado cumple con un ciclo biológico el cual puede verse afectado por diferentes actividades del ser humano, entre estas actividades podemos encontrar la minería, agricultura, además las presencias de dichos metales pesados son tomadas como indicadores de la contaminación que puede existir en los suelos y en las afluentes de agua.

En el presente estudio se realiza una cuantificación del plomo presente en mieles utilizando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, esta mide la cantidad de energía radiante en función de la longitud de onda, pudiendo de esta manera cuantificar la cantidad de plomo presente en una muestra.

El muestreo de la investigación se realizó en cinco de los principales centros de acopio ubicados en la región sur occidente de la república de Guatemala, estos centros de acopio procesan y exportan una gran cantidad de miel.

Los resultados encontrados en la investigación son menores de 4.58 PPM lo cual está por debajo de las regulaciones tanto nacionales como internacionales.

Con los resultados encontrados en la investigación podemos mencionar que los niveles de plomo presentes en las mieles analizadas son seguras para el consumo humano.

SUMMARY

Bee honey is a product of the hive, it is a unique product, the result of the interaction between the plant and animal realms which is used directly in human food, as well as ingredient in the elaboration of different products, both for consumption as food as in hygiene and personal care products, this product consists essentially of different sugars (75%), predominantly fructose and glucose in addition to other substances such as organic acids, amino acids, enzymes, minerals, vitamins and solid particles derived from harvesting, this composition provides it with high digestibility and great biological value, these benefits are diminished by a number of contaminants that can be harmful to humans.

Among the pollutants we can find heavy metals such as lead, arsenic, cadmium, lead is the metal with toxic properties that has spread most in the environment in recent decades. This can lead to neurological disorders, nephrotoxicity, anemia, kidney cancer. Animals and humans can absorb lead by inhalation or ingestion, here is the importance of studying this pollutant, said heavy metal complies with a biological cycle which can be affected by different human activities, among these activities we can find mining, agriculture, in addition the presence of such heavy metals are taken as indicators of the pollution that can exist in soils and in water tributaries.

In this study a quantification of the lead present in honeys using the atomic absorption spectrophotometry technique, this measures the amount of radiant energy based on the wavelength, thus being able to quantify the amount of lead present in a sample.

The research was sampled at five of the main collection centers located in the southwestern region of the republic of Guatemala; these collection centers process and export a large amount of honey.

With the results found in the research we can mention that the levels of lead present in the honeys analyzed are safe for human consumption.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEXPORT, Comité apícola. (2015). Informe de exportación de miel. Guatemala.
- AGRICULTURA, MINISTERIO DE. (26 de Junio de 2009). Norma Chilena.NCh617. Miel de abeja- Método de muestreo. Obtenido de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile/BCN: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1004022>
- Anezaki K., Nukatsuka I., Ohzeki K, N. 1. (1999). *Determination of arsenic (III) y total arsenic (III,V) in water samples by resin suspension graphite furnace atomic absorption spectrometry, Analytical Sciences, 15, 829-834.*
- Atrouse O, O. S.-A. (2004). *Chemical analysis and identification of pollen grains from different Jordanian honey samples.* Int. J. Food Sci. Tech.
- Aznárez Alduan, J. Palacios, F. y Vidal, J.C. (1982). Determinación de Plomo por Espectrometría de Absorción Atómica con Atomización Electro Térmica. (E. E. (EEAD), Editor) Recuperado el Noviembre de 2016, de <http://digital.csic.es/handle/10261/45492>:
<http://digital.csic.es/handle/10261/45492?mode=full>
- Barrios, M. D. (2016). Inocuidad de la Miel Apertura al Comercio. (F. d. Zootecnia, Ed.) *Revista de Zootecnia*, 11,12,13.
- Bogdanov S., H. M. (2007). *ournal of Apicultural Research and Bee World.* Recuperado el 11 de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/228698374_Minerals_in_honey_Environmental_geographical_and_botanical_aspects/citation/download

- Danty, J. (2003). *El mercado de la miel. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile.
- Fernández Maeso, E. Subrá Muñoz de La Torre, A. OrtizValbuena. (1994). La miel, indicador ambiental. Prácticas ecológicas para una agricultura de calidad. I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (Proceedings). Toledo España.
- Juan Reynerio Fagundo Castillo, P. G. (s.f.). *Agua naturales, minerales y mineromedicinales*.
- VISAR-MAGA. (2014). Manual de Buenas Prácticas de Manufactura, Para Plantas Acopiadoras, Transformadoras y Envasadoras a Granel de Miel de Abejas. Guatemala: Proyecto AdA-Integración.
- McKee, B. (2003). *Prevention of residues in honey: A future perspective*. Londres, Inglaterra: E. Crane.
- Navarro Aviñó J.P., Aguilar Alonso I., López-Moya J.R. (2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Ecosistema*, 6.
- Navarro Aviñó, J., Aguilar Alonso, I., & López-Moya, J. (2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Ecosistemas*.
- Noriko Hata, Hiromi Yamada, Issei Kasahara, Shigeru Taguchi. (8 de Octubre de 2004). Membrane solubilization with tetramethylammonium hydroxide for the preconcentration and electrothermal atomic absorption spectrometric determination of trace amounts of arsenic in water. 269-277.

OIRSA, (2010). *Manual de Buenas Prácticas Apícolas*. Managua Nicaragua.

Organización Mundial de la Salud. (2000). *PROYECTO DE NORMA REVISADO DEL CODEX PARA LA MIEL*. Londres.

Pérez, G. P. (2010). *Espectrometria.com*. Recuperado el 13 de enero de 2017, de http://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcin_atmica

Pohl, P. (2009). *Determinación del contenido de metal en la miel por espectrometría de absorción y emisión atómica*. Elsevier.

Rodríguez, D. A. (2014). Evaluación de residuos de pesticidas en miel de diferentes regiones geográficas de Colombia. *Control de alimentos*(37), 33-40.

Rodríguez, D. L. (2011). *Evaluación de la presencia de residuos de plaguicidas en miel de abejas provenientes de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Magdalena y Santander* . Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Turkdogan, K. K. (2002). Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Science Direct*, 175-179.

VISAR-MAGA. (2014). *Manual de Buenas Prácticas de Manufactura, Para Plantas Acopiadoras, Transformadoras y Envasadoras a Granel de Miel de Abejas*. Guatemala: Proyecto AdA-Integración .

VISAR-MAGA. (2014). *Procedimientos para la Toma de Muestras de Miel de Abejas (Apis mellifera L.)*. Guatemala.

VISAR-MAGA. (2015). *Registro Guatemalteco apícola*. Guatemala.

XI. ANEXOS

ANEXO 2 BOLETA DE IDENTIFICACIÓN E MUESTRAS

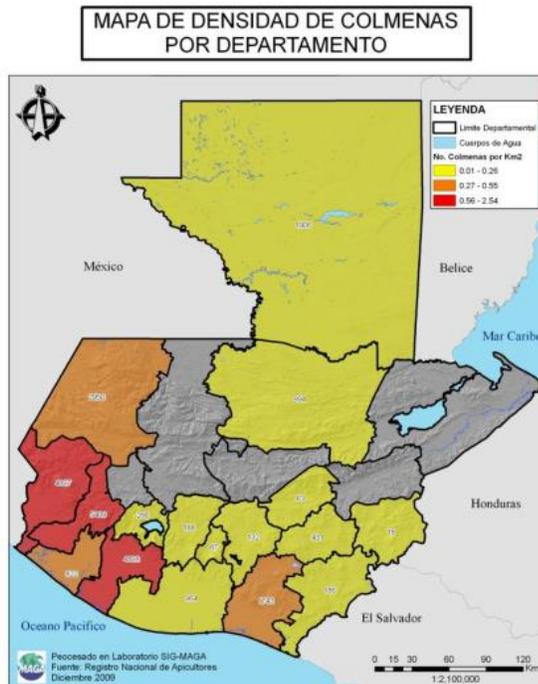
Identificación de Muestras			
Muestra No.	_____	mL de Muestra: _____	Fecha: _____
Centro de Acopio:	_____		
Localización:	_____		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3 MAPA DE DENS

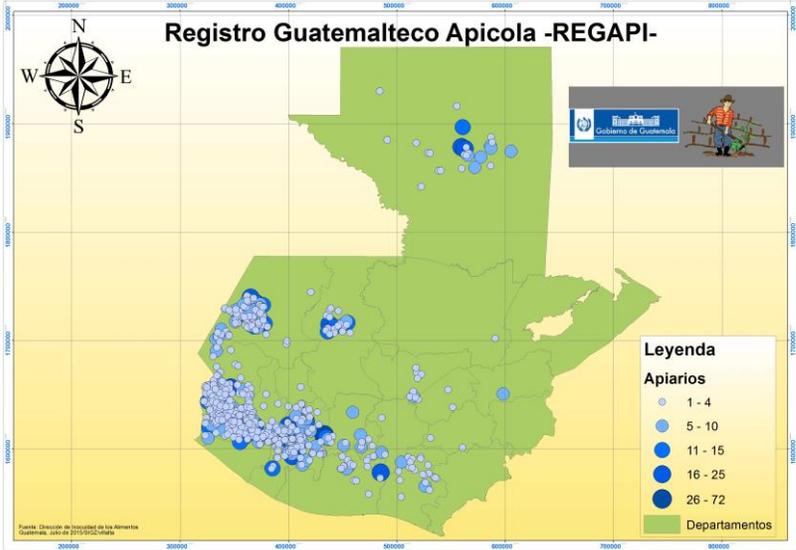
6.3 Discusión de resultados..... 20

IDAD DE COLMENAS



Fuente: (VISAR-MAGA, Registro Guatemalteco apícola, 2015)

ANEXO 4 MAPA DE UBICACIÓN DE APIARIOS A NIVEL NACIONAL



Fuente: (VISAR-MAGA, Registro Guatemalteco apícola, 2015)

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE PLOMO EN LA
MIEL PRODUCIDA POR ABEJAS (*Apis mellifera*) EN LA
REGIÓN SUR OCCIDENTE DE LA REPÚBLICA DE
GUATEMALA**

f. _____
EDVIN DAVID CHAVARRÍA PINEDA

f. _____ f. _____
Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta Lic. Zoot. Edgar Amílcar García Pimentel
ASESOR PRINCIPAL ASESOR

f. _____
Lic. Zoot. Marco Vinicio De La Rosa Montepeque
EVALUADOR

IMPRIMASE

f. _____
M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
DECANO