

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria



TESIS

**Concentración de cadmio y plomo en
miel de abeja (*Apis mellifera*) en la
provincia de Cajamarca**

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinario

Presentada por

Clauss Edwín Llico Saénz

Asesor

Mg. M.V. Crisanto Juan Villanueva De La Cruz


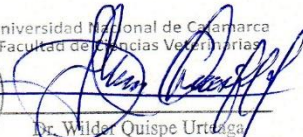
Cajamarca – Perú
2024



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- Investigador:
CLAUSS EDWÍN LLICO SAÉNZ.
DNI:71963994
Escuela Profesional/Unidad UNC:
MEDICINA VETERINARIA
- Asesor:
M.Sc.M.V. CRISANTO JUAN VILLANUEVA DE LA CRUZ.
Facultad/Unidad UNC:
CIENCIAS VETERINARIAS.
- Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:
"CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN MIEL DE ABEJA (*Apis mellifera*) EN LA
PROVINCIA DE CAJAMARCA".
Fecha de evaluación: 21/06/2024
- Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud: 22 %
- Código Documento: oid:3117:362348828
- Resultado de la Evaluación de Similitud: 22 %
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 26/06/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <p>Universidad Nacional de Cajamarca Facultad de Ciencias Veterinarias</p>  <p>Dr. Wilder Quispe Urteaga Director de la Unidad de Investigación</p>
<hr/> <p>Dr. Wilder Quispe Urteaga. Director de la Unidad de Investigación De la Facultad de Ciencias Veterinarias DNI: 26709188</p>

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA
Fundada Por Ley N°14015 Del 13 De Febrero De 1962
UNIVERSIDAD LICENCIADA
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
DECANATO

Av. Atahualpa 1050 – Ciudad Universitaria Edificio 2F – 205 Fono 076 365852



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, siendo las once horas del día veintidós de mayo del dos mil veinticuatro, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Veterinarias “**César Bazán Vásquez**” de la Universidad Nacional de Cajamarca los integrantes del jurado calificador, designados por el Consejo de Facultad, con el objeto de evaluar la sustentación de Tesis titulada: “**CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN MIEL DE ABEJA (*Apis mellifera*) EN LA PROVINCIA DE CAJAMARCA**” asesorada por el docente: **Mg. M.V. Crisanto Juan Villanueva De la Cruz** y presentada por el Bachiller en Medicina Veterinaria: **CLAUSS EDWÍN LLICO SAÉNZ**.

Acto seguido el presidente del jurado procedió a dar por iniciada la sustentación y para los efectos del caso se invitó al sustentante a exponer su trabajo.

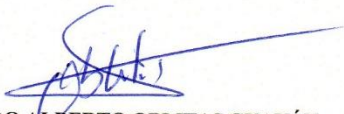
Concluida la exposición de la Tesis, los miembros del jurado calificador formularon las preguntas que consideraron convenientes relacionadas con el trabajo presentado; asimismo, el presidente invitó al público asistente a formular preguntas concernientes al tema.

Después de realizar la calificación de acuerdo a las pautas de evaluación señaladas en el Reglamento de Tesis, el jurado calificador acordó: **APROBAR** la sustentación de Tesis para optar el Título Profesional de **MÉDICO VETERINARIO**, con el calificativo final obtenido de **QUINCE (15)**.

Siendo las doce horas y dieciséis minutos del mismo día, el presidente del jurado calificador dio por concluido el proceso de sustentación.


Dr. JORGE BERNARDO GAMARRA ORTIZ
PRESIDENTE


Dr. GIUSSEPE MARTÍN REYNA COTRINA
SECRETARIO


M.Sc. FERNANDO ALBERTO OBLITAS GUAYÁN
VOCAL


Mg. CRISANTO JUAN VILLANUEVA DE LA CRUZ
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza,
sabiduría para seguir adelante y guiar
mis pasos siempre.

A mis amados padres Luciano y
Eduvina, a mis hermanas e hijas por su amor,
paciencia, sobre todo por siempre creer en
mí y en mis sueños.

A todos los que contribuyeron
e influyeron directa o indirectamente
para dar este gran paso y alcanzar un
reto profesional más.

Clauss Edwín Llico Saénz

AGRADECIMIENTO

Agradecer a los Docentes de la Facultad de Ciencias Veterinarias por inculcarme el conocimiento adecuado.

Agradezco al Mg. M.V. Crisanto Juan Villanueva de la Cruz por el apoyo incondicional en este proceso de principio a fin, por ser una persona correcta y exigente al mismo tiempo mostrar que podemos dar más de nosotros si nos lo proponemos.

Clauss Edwín Llico Saénz

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE.....	iii
LISTA DE TABLAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.1.1. Internacional	3
1.1.2. Nacional.....	4
1.2. Bases teóricas.....	5
1.2.1. Contaminación por plomo	5
1.2.2. Contaminación por Cadmio	7
1.2.3. Miel de Abeja (<i>Apis mellifera</i>).....	8
1.2.4. Tipos de Miel.....	9
1.2.4.1. Mieles de origen vegetal.....	9
1.2.5. Características químicas de la miel	10
1.2.5.1. Carbohidratos Totales.....	10
1.2.5.2. Fructosa.....	10
1.2.5.3. Glucosa.....	11
1.2.5.4. Maltosa	11
1.2.5.5. Sacarosa	11
1.2.5.6. Cenizas	12
1.2.5.7. Acidez de la Miel	12
1.2.6. Características físicas de la Miel.....	13
1.2.6.1. Conectividad eléctrica.....	13
1.2.6.2. Densidad	13
1.2.6.3. Cristalización de la miel.....	13
1.2.6.4. Viscosidad	13

1.2.6.5. Hidroscopicidad	14
1.2.6.6. Calor específico	14
1.2.6.7. Conductividad térmica	14
1.2.6.8. La cristalización	14
1.2.6.9. Humedad.....	14
1.3. Definición de términos básicos	15
1.3.1. Contaminación	15
1.3.2. Cadmio	15
1.3.3. Plomo	15
1.3.4. Miel de abeja (<i>Apis mellifera</i>)	15
1.3.5. Polen	15
1.3.6. Espectrofotometría de absorción atómica por Horno de Grafito.....	16
CAPÍTULO II	17
MARCO METODOLÓGICO	17
2.1. Ubicación geográfica	17
2.2. Diseño de la investigación.....	18
2.3. Método del procesamiento de espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito	18
2.4. Muestra y unidad de análisis.....	19
2.4.1. Muestra	19
2.4.2. Unidad de análisis	19
2.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información	19
2.5.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
2.5.2. Obtención de muestras.....	19
2.5.3. Traslado de muestras	20
2.5.4. Laboratorio para procesamiento y análisis de muestras	20
2.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	21
CAPÍTULO III	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.1. Resultados	22
3.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	24
3.3. Contrastación de hipótesis.....	26
CAPÍTULO IV	27
CONCLUSIONES	27
CAPÍTULO V	28

SUGERENCIAS.....	28
REFERENCIAS.....	29
ANEXOS	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 01: Reglamento Técnico Mercosur Límites Máximos De Contaminantes Cd y Pb	8
Tabla 2: Concentración de Cadmio en miel de abeja (<i>Apis Mellifera</i>) del Distrito de Cajamarca y Distrito de La Encañada.....	22
Tabla 3: Concentración de Plomo en miel de abeja (<i>Apis Mellifera</i>) del Distrito de Cajamarca y Distrito de La Encañada.....	23

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en las siguientes localidades: Centro Poblado Combayo, Romeral, Huambocancha y la Localidad de Huacariz (La Paccha), teniendo como objetivo determinar la concentración de Cadmio y Plomo en miel de abeja (*Apis mellifera*) en la Provincia de Cajamarca; recogándose tres muestras de miel de abeja (*Apis mellifera*) de las cuatro localidades mencionadas para después ser procesadas. Esto permitió estimar el grado de contaminación y evidenciar el impacto ambiental de las principales actividades antropogénicas en esta parte del país, lo que ayudará a establecer vigilancia sobre la contaminación del medio ambiente. Como resultado tenemos que los niveles permisibles de Cadmio 92% de muestras de miel de abeja (*Apis mellifera*) sobrepasan los límites máximos permisibles y 8% se encuentra por debajo de 0,10 mg/Kg. A diferencia del Plomo 58% de muestras de miel de abeja (*Apis mellifera*) sobrepasan los límites máximos permisibles y 42% se encuentra por debajo de 0,30 mg/Kg, según el Reglamento Técnico Mercosur sobre límites máximos de contaminantes cadmio y plomo inorgánicos en alimentos (Derogación de las Res. Gmc N° 102/94 y N° 35/96).

Palabras claves: Cadmio, plomo, miel de abeja (*Apis mellifera*).

ABSTRACT

The present work was carried out in the following locations: Populated Center Combayo, Romeral, Huambocancha and the town of Huacariz (La Paccha), with the objective of determining the concentration of Cadmium and Lead in bee honey (*Apis mellifera*) in the Province of Cajamarca; Three samples of bee honey (*Apis mellifera*) were collected from the four aforementioned locations and then processed. This made it possible to estimate the degree of contamination and demonstrate the environmental impact of the main anthropogenic activities in this part of the country, which will help establish surveillance of environmental contamination. As a result, we have that the permissible levels of Cadmium 92% of samples of honey bee (*Apis mellifera*) exceed the maximum permissible limits and 8% are below 0,10 mg/Kg. Unlike Lead, 58% of honey bee (*Apis mellifera*) samples exceed the maximum permissible limits and 42% are below 0,30 mg/Kg, according to the Mercosur Technical Regulation on maximum limits of inorganic Cadmium and Lead contaminants in foods (Repeal of Gmc Res. No. 102/94 and No. 35/96)

Keywords: Cadmium, lead, honey bee (*Apis mellifera*).

INTRODUCCIÓN

La apicultura enfrenta importantes desafíos productivos debido a los impactos antropogénicos en el ecosistema y el cambio climático. Hoy en día, existe la necesidad de desarrollar políticas que consideren a este sector como esencial en el desarrollo de estrategias para la agricultura, el medio ambiente, el comercio, la educación y el desarrollo social. Además, de las metas trazadas en materia de cantidad, calidad, inocuidad, trazabilidad y sostenibilidad de la producción de alimentos, la vinculación entre la apicultura y el desarrollo de los ecosistemas agrícolas y ganaderos es fundamental para alcanzar la seguridad y soberanía alimentaria que requiere el país.¹

Actualmente, la miel y sus derivados son uno de los productos alimenticios más populares en todo el mundo, ya que tienen varias propiedades útiles, las más importantes son los efectos estimulantes del cuerpo, calmantes, suavizantes y antisépticos. A nivel de riñón y sistema urinario, propiedades digestivas, laxantes y diuréticas.²

Los metales pesados de la atmósfera pueden depositarse en los cuerpos peludos de las abejas y pueden transportarse a la colmena a través del polen o absorberse a través del néctar, el agua y la melaza.³

Además de los efectos tóxicos, los metales pesados como el cadmio y el plomo también pueden transferirse a través de la cadena alimentaria y convertirse en un factor de riesgo para la salud pública, provocando efectos negativos en animales y humanos, como el sistema nervioso central, la función hepática, renal, el sistema musculoesquelético y en la función reproductiva. Especialmente los bebés y adultos mayores de 60 años, que son los más susceptibles a estos efectos.⁴

El desarrollo de este trabajo es ver la importancia de la inocuidad en miel de abeja (*Apis mellifera*) consumidos en la Provincia de Cajamarca; por lo tanto, el objetivo de este trabajo es determinar la concentración de Cadmio y Plomo en miel de abeja (*Apis mellifera*) en la Provincia de Cajamarca y se planteó el siguiente problema

de investigación: ¿La concentración de Cadmio y Plomo en miel de abeja (*Apis mellifera*) en la Provincia de Cajamarca está por encima de los niveles máximos permisibles según las normas vigentes?

La hipótesis de investigación fue: La miel de abeja (*Apis mellifera*) en la provincia de Cajamarca tiene una concentración de Cadmio y Plomo por encima de los niveles máximos permisibles establecido en las normas vigentes.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

La miel, consumida por el ser humano desde hace miles de años por sus propiedades sensoriales y medicinales, es producto de la unión del reino animal, la abeja (*Apis mellifera*) y el reino vegetal, el néctar y/o secreciones azucaradas de flores, plantas o insectos. Hoy en día, para cumplir con los requisitos legales y comerciales, las empresas envasadoras y comercializadoras de miel deben dar un paso adelante en el proceso industrial para clasificar la miel como materia prima según estándares de calidad y seguridad. Entre otras cosas, además de los niveles de parámetros fisicoquímicos determinados por la normativa nacional e internacional, también es necesario clasificar la miel según su origen botánico, ya que genera un valor añadido adicional para la empresa.⁵

Otro aspecto importante de la industria es la posible presencia de residuos químicos (antibióticos o pesticidas) en la miel, que es un resultado directo del procesamiento veterinario o un resultado indirecto del procesamiento agrícola. En este sentido prioriza garantizar el cumplimiento de la normativa y reducir los riesgos para los consumidores son requisitos básicos en seguridad alimentaria.⁵

1.1.1. Internacional

El programa se llevó a cabo en diez sitios de tres zonas de uso con suelos diferentes del estado de Hidalgo. Las áreas agrícolas en el Valle del Mezquital fueron consideradas como la primera área de estudio, ya que las tierras agrícolas están asociadas con un elevado contenido de cadmio debido al alto uso de fertilizantes con fósforo. Las siguientes áreas corresponden a los suburbios de Pachuca de Soto, ya que en las zonas urbanas se observó mayor concentración de plomo y cadmio, debido principalmente al tránsito

vehicular; también se observó la presencia de metales en materiales de zonas urbanas, la dinámica es importante, porque la concentración de plomo en las ciudades es mayor y los materiales brindan poca filtración.⁶

A diferencia que la mayor concentración de cadmio en las abejas urbanas fue de 0,828 mg/kg. Cuando se obtuvo la concentración promedio, se encontró que era significativamente diferente de la concentración en áreas rurales donde la vegetación original aparentemente no estaba contaminada. La concentración de cadmio en muestras de propóleo de áreas urbanas es estadísticamente significativa diferente de la concentración de cadmio en muestras de propóleo de áreas agrícolas y rurales; la concentración más alta de cadmio en el propóleo urbano fue de 0,429 mg/kg, que fue significativamente diferente de la concentración promedio medida en la agricultura y el campo.⁷

Las muestras de abejas de áreas agrícolas tuvieron el mayor contenido de plomo con 0,376 mg/kg y las muestras de propóleo con 0,475 mg/kg, pero no hubo diferencias entre áreas urbanas y rurales. El contenido de plomo en la miel urbana fue estadísticamente diferente al de las zonas rurales. La diferencia fue que el mayor contenido de plomo en la miel urbana fue de 0,276 mg/kg.⁷

1.1.2. Nacional

En los últimos 50 años, la contaminación ha aumentado, al igual que el uso de plomo, que puede bioacumularse y, como resultado, la cadena alimentaria ha crecido y las concentraciones en animales y plantas han incrementado.⁸

En abril del 2009, se registró en la carga de polen su contenido, extrayéndose plomo en mayor proporción en las zonas de Concepción como Matahuasi entre 0,094 mg/kg y 0,057 mg/kg siendo un aproximado, las zonas de Huancayo, como San Agustín de Cajas, asimismo San Jerónimo de Tunán y

El Mantaro, se encontró 0,038 mg/kg, 0,027 mg/kg, 0,025 mg/kg y 0,022 mg/kg, respectivamente; en junio se detectó en la zona de Concepción 0,053 mg/kg, asimismo en las zonas de Matahuasi, El Mantaro y San Jerónimo de Tunan.⁹

En dichas zonas se han encontrado concentraciones superiores a 1 ppm provocadas por la industria petroquímica, cabe saber que el exceso de miel de eucalipto de Huelva puede provocar defectos químicos en el suelo o en el agua, lo que se reflejará en la composición mineral mencionada anteriormente de las plantas de la zona, pero también del néctar y del polen, estos metales proceden de fuentes externas, emisiones de empresas industriales (fundiciones), emisiones excesivas de gases de gasolina con plomo en las carreteras, etc., que provocan una disminución de la calidad de vida humana.¹⁰

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Contaminación por plomo

El plomo es un importante contaminante ambiental que preocupa mucho a la salud humana y los ecosistemas; debido a su peso molecular, tiende a acumularse rápidamente en el suelo, sedimentos y cuerpos de agua¹¹ y permanecen en el medio ambiente como contaminantes atmosféricos. En los humanos, el metal puede ingresar al cuerpo a través de diversas vías, como respirar aire que contiene partículas de plomo o consumir agua y alimentos contaminados. Según el estudio, los síntomas tras la exposición incluyen dolor de cabeza leve, irritabilidad, dolor abdominal y síntomas neurológicos.¹²

El plomo (Pb) es un contaminante ambiental que afecta negativamente a la salud humana. La exposición humana al plomo se determina mediante el control de los niveles en sangre, teniendo en cuenta factores como la edad, el sexo, la dieta y la contaminación del aire.¹³

Los procesos de bioacumulación y biomagnificación del plomo a lo largo de la cadena alimentaria se han observado en muchos estudios, por ejemplo, se ha descubierto que el plomo del agua contaminada se transfiere a las ovejas, donde se acumula principalmente en el hígado de estos animales. Lo mismo se ha informado de los pollos que comen insectos que se alimentan de plantas en áreas contaminadas con este mineral. Aunque muchos otros estudios muestran que el plomo tiende a disminuir en concentración a medida que pasa por la cadena alimentaria (suelo, planta, animales, insectos, aves y finalmente el hombre) pero sus efectos no pueden ignorarse en ninguno de los intermediarios.¹⁴

El plomo interfiere con el metabolismo del calcio y la vitamina D y compite con el calcio y el hierro, provocando hipocalcemia y anemia. Los niños son los más receptivos, los niños absorben hasta el 50% del plomo en sus cuerpos y los adultos sólo el 10% hasta un 15%, lo que significa que los niños ingieren tres veces más plomo que los adultos.¹⁵

Cuando el plomo ingresa al cuerpo, las enzimas que metabolizan los aminoácidos que contienen azufre lo convierten en sulfuro de plomo. Con una exposición prolongada, el plomo se deposita en los huesos de rápido crecimiento (huesos largos) en forma de fosfato de plomo insoluble, que se puede ver en las radiografías y se llama líneas de plomo.¹⁶

El plomo que no se elimina permanece en el cuerpo durante mucho tiempo y se intercambia entre los 3 compartimentos que contienen casi todo el plomo (sangre, huesos y dientes) y otros tejidos como el hígado, riñón, pulmón, cerebro, bazo, músculos y corazón.¹⁷ El plomo almacenado en huesos y dientes puede regresar al torrente sanguíneo durante períodos de deficiencia de calcio, como durante el embarazo, la lactancia y la osteoporosis.¹⁷

1.2.2. Contaminación por Cadmio

Una de las sustancias tóxicas más importantes asociadas a la contaminación ambiental e industrial es el cadmio, porque combina cuatro de las propiedades más temidas de las sustancias tóxicas:

1. Efectos nocivos para las personas y el medio ambiente.
2. Bioacumulación.
3. Persistencia en el medio ambiente.
4. "Viajar" largas distancias por el viento o el agua.

La extracción de zinc y plomo del sulfuro de cadmio es un subproducto del procesamiento metalúrgico; el proceso produce óxido de cadmio, un compuesto altamente tóxico. Además de la contaminación ambiental durante la fundición y el refinado, sus diversos usos industriales también provocan contaminación ambiental.¹⁸

Los efectos de la toxicidad del cadmio dependen de la ruta de exposición, a través de la inhalación de aire contaminado, especialmente cerca de fundiciones e incineradores de desechos, o mediante la ingestión de humo de cigarrillo, alimentos y agua contaminados. Además, la falta de metales esenciales como hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y calcio (Ca) en el cuerpo humano contribuye a la absorción de cadmio. Por tanto, sus órganos diana son los riñones (especialmente la corteza renal), el hígado, los pulmones, huesos y placenta. Se estima que entre el 10 % y el 50 % del cadmio se absorbe en los pulmones, mientras que la absorción gastrointestinal es del 8 %. Por tanto, se ha establecido que la concentración de cadmio en la sangre de los fumadores es de 1 a 4 microgramos/litro, lo que es de 4 a 5 veces mayor que la de los no fumadores. Se entiende que un cigarrillo contiene entre 0,5 y 3 microgramos de cadmio por gramo de tabaco y 3 microgramos de cadmio se absorben a través del tracto respiratorio. Además del tabaco, alimentos como el pescado y el marisco también contienen altas concentraciones de cadmio¹⁸. El cadmio asimilado se absorbe en el hígado y se une a pequeños

péptidos como el glutatión (GSH) (Cd-GSH) o proteínas de bajo peso molecular como la metalotioneína (MT) (Cd-MT) y se excreta en la bilis o se libera en el torrente sanguíneo. Estos complejos son una forma importante de transportar y almacenar metales en los organismos, lo que explica su larga vida biológica de 10 a 30 años.¹⁹

Se cree que la mayor cantidad de cadmio en el suelo proviene de los fertilizantes fosfatados utilizados en la agricultura, lo que hace que el cadmio se acumule en toda la cadena alimentaria vegetal y animal. Por lo tanto, la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (ATSDR) enumera el cadmio como uno de los 275 materiales más peligrosos.²⁰

Tabla 1. Reglamento Técnico Mercosur sobre Límites Máximos de Contaminantes Cd y Pb Inorgánicos en Alimentos (Derogación de las Res. Gmc N° 102/94 Y N° 35/96).²¹

CATEGORÍA	METAL PESADO	LIMITE MÁXIMO (mg/Kg)
Miel de Abeja (<i>Apis mellifera</i>)	Cadmio (Cd)	0,10
	Plomo (Pb)	0,30

1.2.3. Miel de Abeja (*Apis mellifera*)

Dentro de la industria la miel de abeja (*Apis mellifera*), como materia prima debe ser probada en el punto de recepción industrial y analizada adecuadamente mediante métodos validados y contrastados.⁵ Definición Según la NTE INEN 1 572 la miel es "Una sustancia dulce producida por las abejas obreras a partir del néctar o secreciones de otras partes vivas de las plantas, o que estos insectos recolectan, transforman, combinan con determinadas sustancias y luego almacenan en panales. El Codex Alimentario afirma: "La miel se considera una sustancia naturalmente dulce producida por las abejas italianas a partir del néctar de las plantas o de las secreciones de partes vivas de las plantas o de las secreciones de insectos herbívoros que quedan en las partes vivas de las plantas". Las abejas recolectan, transforman y combinan con sus sustancias específicas y depositan, deshidratan, almacenan y permanece en la colmena hasta su madurez y envejecimiento."

Biológicamente, entendemos la miel como una sustancia producida por las abejas y otros insectos sociales a partir del néctar o melaza recolectada de plantas vivas y transformada o preparada por la evaporación del agua y la acción de enzimas de los panales".¹³

1.2.4. Tipos de Miel

La miel se puede clasificar según diferentes criterios. Por eso, siempre es conveniente hablar de “mieles” antes de “miel”, porque, aunque todas son fruto del trabajo de las abejas, existen infinidad de variedades y diferencias entre ellas.

Según su origen podemos encontrar dos tipos de miel: miel vegetal y miel animal. Las obtenidas de animales o mielatos son secreciones de insectos, pero no se comercializan porque no reúnen las condiciones necesarias para el consumo humano.

1.2.4.1. Mieles de origen vegetal (mieles y mieladas)

Proviene de flores y árboles, y se clasifican en:

Monoflorales: De estas mieles, el 51 % del néctar proviene de la misma especie floral de la que derivan su nombre y principales características. También se cree que sus propiedades medicinales dependen de las flores con las que se elabora.

Multiflorales: Son mieles obtenidas del néctar de distintos tipos de flores, ninguna de las cuales es dominante. En estos casos, la designación se basa en el lugar de recogida (prado, bosque, etc.)

Mieles de mielada: No provienen del néctar de las flores, sino que están presentes en la planta como secreciones de otras partes de la planta o bajo la influencia de algunos insectos. Se denominan “miel de bosque” o están relacionadas con la especie de origen.²²

1.2.5. Características químicas de la miel

La composición de una muestra de miel depende de dos factores principales: a) néctar y b) factores externos. El primero depende principalmente de la especie o grupo de especies vegetales productoras del néctar. Los factores externos o secundarios que no tienen nada que ver con las especies de plantas de abejas incluyen el tipo y la química del suelo, el clima, la apicultura y el manejo de la miel por parte del apicultor después de su recolección. Es difícil decir cuál es la muestra promedio de miel o su composición promedio porque la variación es muy grande en todo el mundo. Esto da 28 diferencias en número y especies agrícolas, tipo de suelos, subsuelos, zona geográfica y clima.²³

1.2.5.1. Carbohidratos Totales

Muestran contenido de azúcar, sodio, grasas y calorías. Los carbohidratos totales incluyen gramos de azúcar, carbohidratos complejos y fibra. El azúcar es un carbohidrato simple y los carbohidratos complejos son otras fuentes de alimento que el cuerpo convierte en energía. Los tres componentes ayudan a calcular correctamente la cantidad de carbohidratos necesarios para suministrar al cuerpo. Los carbohidratos son la principal fuente de energía del cuerpo. También ayudan con los niveles de azúcar en sangre.²³

1.2.5.2. Fructosa

La fructosa (del latín fructus: fruta) o levulosa es un azúcar simple. Se encuentra en forma libre y se encuentra naturalmente en frutas, verduras, cereales, remolacha azucarera, caña de azúcar y miel como parte de la sacarosa (azúcar común). La fructosa también forma parte del jarabe de glucosa fructosa, que se elabora a partir de almidón. La glucosa (jugo de uva concentrado) es "azúcar de fruta" y también contiene fructosa. Dado que su metabolismo no depende de la insulina, la fructosa también se utiliza como sustituto del azúcar en productos para diabéticos. La fructosa es la principal fuente de combustible en las dietas que contienen grandes cantidades de sacarosa (un disacárido de la fructosa y la glucosa). Existen

dos vías metabólicas para la fructosa: una se produce en los músculos y la otra en el hígado. Esta dicotomía es el resultado de la presencia de diferentes enzimas en estos diferentes tejidos.²⁴

1.2.5.3. Glucosa

La glucosa (a menudo llamada dextrosa porque es diestra) es el principal monosacárido. No sólo es el azúcar más abundante en la naturaleza, sino que probablemente sea la sustancia orgánica más importante, ya sea libre o combinada. La glucosa es el producto final de la hidrólisis del almidón y la celulosa y está estrechamente relacionada con los procesos metabólicos. La glucosa es la principal fuente de energía para todos los seres vivos. Constituye entre el 0,08 y el 0,1 % del contenido sanguíneo de todos los mamíferos normales y es una de las pocas sustancias orgánicas que se puede administrar directamente a la sangre como alimento. Nuestra mejor introducción a la química de los carbohidratos es una descripción general de las propiedades físicas y químicas de la glucosa.²⁵

1.2.5.4. Maltosa

La maltosa o azúcar de malta es un disacárido formado por dos glucosas conectadas por un enlace glicosídico entre el oxígeno del primer carbono anomérico (proveniente de -OH) de una glucosa y el oxígeno perteneciente al cuarto carbono de la segunda glucosa formada entre ellos. Por lo tanto, este compuesto también se llama alfa glucopiranosil (1- 4) alfa glucopiranososa. Cuando se produce este enlace, se libera una molécula de agua y las dos glucosas se conectan a través y mediante un oxígeno monocarbonílico que actúa como puente. La maltosa tiene un OH hemiacetalico en su estructura, lo que la convierte en un azúcar reductor que puede sufrir la reacción de Maillard y la reacción de Benedict. La maltosa también se llama azúcar de malta porque se encuentra en los granos de cebada malteada. Obtenido como resultado de la hidrólisis del almidón y el glucógeno.²⁶

1.2.5.5. Sacarosa

La palabra latina "sacchārum" entró en nuestro idioma como "sacarosa". El término se utiliza como sinónimo de azúcar común, un carbohidrato blanco dulce que es soluble en agua. La sacarosa es un disacárido: un

carbohidrato formado por dos azúcares simples unidos. En el caso especial de la sacarosa, los azúcares combinados son glucosa y fructosa. Los cristales de sacarosa adquieren un color blanco como resultado de la difracción de la luz. La sacarosa es el edulcorante más popular por su sabor; Esto significa que se añade sacarosa (azúcar normal) a los alimentos que se quieren endulzar: café, pasteles, frutas ácidas, etc.²⁷

1.2.5.6. Cenizas

El análisis de cenizas en los alimentos es un parámetro importante desde el punto de vista económico, así como desde el cualitativo, sensorial y de las propiedades nutricionales. Por tanto, su medición se incluye en el análisis químico proximal de los alimentos (principalmente mediciones de contenido de humedad, grasas, proteínas y cenizas). La ceniza se refiere a cualquier material inorgánico, como minerales, que se encuentra en los alimentos. Se llama ceniza porque es el residuo después del calentamiento para separar el agua y la materia orgánica como grasas y proteínas. Los científicos de alimentos "ganan" alimentos para poder estudiar el material restante y determinar mejor su composición. Las cenizas pueden contener compuestos que contienen minerales esenciales como calcio y potasio, además de sustancias tóxicas como el mercurio. Generalmente, el contenido de cenizas de cualquier alimento natural es inferior al cinco por ciento, mientras que algunos alimentos procesados pueden superar el diez por ciento de cenizas.²⁸

1.2.5.7. Acidez de la Miel

La acidez es una propiedad causada por la presencia de ácidos en la miel (específicamente ácido glucónico de la glucosa), medida como pH o proporción de iones de hidrógeno.

Un pH igual a 7 corresponde a neutro, un pH inferior a 7 corresponde a ácido y un pH entre 7 y 14 corresponde a alcalino. El valor del pH de la miel oscila entre 3,2 y 5,3. La miel de abeja suele ser inferior a 4, la miel de rocío suele ser superior a 5. La miel con un pH bajo (tipo lavanda, pH de 3,4 a 3,6) se descompone más fácilmente. Se debe prestar especial atención a su conservación: temperaturas frescas y, si es necesario, calentamiento moderado y totalmente controlado.²⁹

1.2.6. Características físicas de la Miel

1.2.6.1. Conectividad eléctrica: La conductividad se define como la capacidad de una sustancia para conducir corriente eléctrica en lugar de resistencia. La unidad comúnmente utilizada es Siemens/cm (S/cm), que es 10 elevado a -6, es decir, microSiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$), que es 10 elevado a -3, es decir., miliSiemens (mS/cm). Cuando se miden en soluciones acuosas, los valores de conductividad son directamente proporcionales a la concentración de sólidos disueltos, por lo que cuanto mayor es la concentración, mayor es la conductividad.²²

La capacidad de transferencia de energía de un tipo de miel puede variar de 1 a 15 veces.²⁹

1.2.6.2. Densidad: En química y física, la densidad es una medida de la relación entre masa y volumen de un objeto. En el sistema internacional, la unidad de densidad es el kilogramo por metro cúbico (símbolo kg/m^3). Normalmente, la densidad está entre 1,41 y 1,43 kg/dm^3 a 20°C. El porcentaje de humedad afecta a la densidad y puede estar entre 1,3384 y 1,5015 kg/dm^3 .²⁹

1.2.6.3. Cristalización de la miel: La miel fresca es líquida, pero a medida que el agua se evapora, cristaliza naturalmente. La cantidad de contenido de glucosa es un factor que determina la velocidad de cristalización. La miel con mayor contenido de glucosa se endurecerá rápidamente. Por otro lado, la miel, como la miel de acacia, es adecuada para el tratamiento de la diabetes debido a su bajo contenido en glucosa, lo que le permite permanecer líquida durante varios años.³⁰

1.2.6.4. Viscosidad: Factores que disminuyen la viscosidad (o aumentan la fluidez): A medida que la temperatura aumenta a 38°C, la fluidez aumenta ligeramente.

Sobre el porcentaje de agua en la miel. Cuando la humedad de la miel cambia del 18 % al 19 % de agua, parece más líquida.

Cuando aumenta la relación levulosa/glucosa.

La miel de brezo (común en algunas partes de Europa) es muy viscosa (no se derrama cuando se voltea el recipiente) pero es tixotrópica (una simple agitación reduce su viscosidad)³¹

1.2.6.5. Hidroscopicidad: Es la capacidad de absorber humedad del ambiente hasta estar en equilibrio con él (momento en el que ni absorbe ni pierde humedad). El factor más importante que aumenta la absorción de agua de la miel es la levulosa.²⁹

1.2.6.6. Calor específico: La miel requiere la mitad del calor de un peso equivalente de agua para elevar su temperatura 1°C.²⁹

1.2.6.7. Conductividad térmica: La capacidad de transferencia de temperatura es muy baja: 14 veces menor que la del agua. Por lo tanto, la miel puede estar tibia a la vez, pero fría en el ambiente que la rodea.²⁹

1.2.6.8. La cristalización: La miel líquida es una solución de una sustancia sólida en un líquido (agua).

En todas las mieles, por ser líquidos muy sobresaturados, los azúcares tienen una tendencia natural a convertirse en gránulos (pequeños cristales). Por tanto, la miel tiende a solidificarse durante el almacenamiento. Si esto sucede, coexisten en esa masa.

Los sólidos insolubles se encuentran en estado cristalino. La solución sólida restante se diluye con la cantidad original de agua. Esta solución tiene un mayor porcentaje de agua (humedad) que antes de la cristalización, por lo que la miel fermenta más fácilmente.²⁹

1.2.6.9. Humedad: Si la miel contiene mucha agua, es propensa a la fermentación o acidificación. Si se retira un poco de miel de la colmena demasiado pronto o antes de que las abejas maduren, puede contener hasta un 25 % de humedad, lo que la hace no apta para uso comercial. La miel fermenta fácilmente incluso con una humedad del 20 % al 21 %. La miel que contiene demasiada humedad debe colocarse en una habitación cálida para que fermente y se convierta en vinagre. La miel con un contenido de humedad de hasta 35 ± 20 % se puede deshidratar colocándola en un recipiente abierto en un lugar cálido y seco.¹⁸

1.3. Definición de términos básicos

1.3.1. Contaminación

La contaminación de la miel de abeja (*Apis mellifera*) se origina de fuentes primarias de difícil control como el polen, el polvo, el aire, el suelo y el néctar; además de fuentes secundarias a partir de la manipulación directa por trabajadores.³²

1.3.2. Cadmio

El cadmio es un metal pesado tóxico sin función biológica significativa en plantas, animales y humanos; existe principalmente como cationes divalentes y forma complejos con otros aniones.³³

1.3.3. Plomo

El plomo es un metal tóxico cuyo uso generalizado ha provocado contaminación ambiental y problemas de salud en muchas partes del mundo. Es una toxina acumulativa que afecta múltiples sistemas corporales, incluidos los sistemas cardiovascular y nervioso, hematológico, digestivo y renal. (OMS)

1.3.4. Miel de abeja (*Apis mellifera*)

Alimento producido por las abejas a partir del néctar o secreciones de partes vivas de plantas.³⁴

1.3.5. Polen

El polen de abeja es una compactación del polen con néctar y saliva de las abejas obreras, recogida mediante trampas de polen a la entrada de la colmena, en pequeñas bolas en las patas traseras.³⁵

1.3.6. Espectrofotometría de absorción atómica por Horno de Grafito

Un método de análisis óptico realizado en un horno de grafito para determinar la concentración de un compuesto en solución.³⁶

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Ubicación geográfica

El trabajo de investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Cajamarca durante los meses de agosto y setiembre del 2023, y los análisis de metales pasados en el Laboratorio de Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) – Lima, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.

Cajamarca está ubicada en la sierra norte cuyas características geográficas y meteorológicas* son:

Altitud	: 2 750
Latitud sur	: 7° 10'
Longitud oeste	: 78°30'
Temperatura promedio anual*	: 14,9 °C
Temperatura máxima promedio anual*	: 22,1 °C
Temperatura mínima promedio anual*	: 8,2 °C
Precipitación pluvial anual*	: 537 mm
Humedad relativa promedio anual*	: 64,5 %
Humedad máxima promedio anual*	: 87,7 %
Humedad mínima promedio anual*	: 36,7 %
Presión barométrica*	: 740,5 milibares
Horas sol promedio*	: 7,1 horas
Clima	: Templado seco

(*) Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI/UNC ESTACIÓN MAPA WEBERBAUER-CAJAMARCA 2023.

2.2. Diseño de la investigación

El estudio se realizó mediante la recolección de 3 muestras de miel de abeja (*Apis mellifera*) (350g) de 4 localidades de la Provincia de Cajamarca, siendo estos: Los Centros Poblados de: Combayo y Huambocancha donde los apiarios están próximos a la empresa minera Newmont, Romeral con apiarios cerca a la empresa minera Michiquillay y la localidad de Huacariz (La Paccha) cuya característica es el riego con aguas servidas y/o residuales; haciendo un total de 12 muestras.

2.3. Método del procesamiento de espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito

El método utilizado fue la espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito, una técnica analítica que puede determinar la concentración de un compuesto en solución.³⁵

Se basa en el hecho de que las moléculas absorben radiación electromagnética y la cantidad de luz absorbida está relacionada linealmente con la concentración. Para realizar tales mediciones, se utiliza un espectrofotómetro, en el que se selecciona la longitud de onda de la luz que pasa a través de la solución y se mide la cantidad de luz absorbida por ella.³⁵

Se introduce una solución de muestra (normalmente de 5 a 100 µl) en un tubo de grafito de 3 a 5 cm de largo y luego se calienta eléctricamente gradualmente para generar vapor atómico del analito. Normalmente, el procedimiento de calentamiento incluye una etapa de secado para evaporar el disolvente (70-120°C); una etapa de combustión para eliminar materiales orgánicos o componentes volátiles de la matriz (350-1250°C); y un paso de pulverización (2000-3000 °C) y un ciclo de purga a temperatura máxima para quemar los analitos residuales. Durante el desarrollo del método, todos los parámetros de calentamiento deben optimizarse cuidadosamente para obtener resultados reproducibles y precisos.³⁵

2.4. Muestra y unidad de análisis

2.4.1. Muestra

12 muestras de miel de abeja (*Apis mellifera*) de 350g cada una.

2.4.2. Unidad de análisis

Cada muestra de miel de abeja (*Apis mellifera*), las cuales se recolectaron de las siguientes localidades:

Tres muestras de cada Centro Poblado: Combayo, Huambocancha, Romeral y de la localidad de Huacariz (La Paccha).

2.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Cajamarca no cuenta con un laboratorio que pueda determinar la concentración de metales pesados en los diversos tipos de alimentos. Por este motivo, se enviaron las muestras al Laboratorio de Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) de la Universidad Nacional Mayor De San Marcos en la Facultad de Farmacia y Bioquímica – Lima.

2.5.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada en el trabajo de tesis es cuantitativa, se recolectaron 12 muestras de miel de abeja (*Apis mellifera*) 350g cada muestra. La miel de abeja (*Apis mellifera*) se colocó en frascos con tapas herméticas y fueron pesados en una balanza comercial.

2.5.2. Obtención de muestras

Se visitaron cuatro localidades sacando tres muestras de cada una: Centro Poblado Combayo, Romeral, Huambocancha y de la localidad de Huacariz

(La Paccha); cada extracción de miel de abeja (*Apis mellifera*) se hizo en horas de la mañana, procediendo de la siguiente manera:

- ✓ Se utilizó un peine desoperculador en los panales que contenían miel.
- ✓ Cuando se terminó de desopercular todos los marcos, se introdujo en el extractor (tres marcos); girando manualmente a una velocidad adecuada.
- ✓ Luego se extrae la miel de abeja (*Apis mellifera*) en recipientes para luego colocar en frascos con tapas herméticas conteniendo 350g.
- ✓ Cada frasco se rotuló de acuerdo a la zona, fecha de recolección y número de muestra a temperatura ambiente.
- ✓ Se trasladó inmediatamente en una caja de cartón, cada muestra fue protegida con papel absorbente para evitar que se rompa los frascos.
- ✓ Las muestras fueron recepcionadas por el Laboratorio de Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX).

2.5.3. Traslado de muestras

Luego de recolectar las 12 muestras en frascos con tapas herméticas debidamente rotuladas (lugar, fecha), se depositaron en una caja de cartón y fueron enviadas a la ciudad de Lima.

2.5.4. Laboratorio para procesamiento y análisis de muestras

Las muestras fueron recepcionadas en el Laboratorio de Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) de la Universidad Nacional Mayor De San Marcos de la Facultad de Farmacia y Bioquímica – Lima, donde se realizó su análisis.

2.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

El cadmio y Plomo se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito. Se empleó una lámpara de cátodo hueco de Cadmio como fuente y una lámpara de deuterio como corrector de fondo.

2.7. Equipos, materiales e insumos

2.7.1. Equipos

- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Cámara fotográfica
- Balanza comercial
- Laptop

2.7.2. Materiales

- Frascos con tapas herméticas
- Traje de apicultor (mameluco, careta, guantes y botas)
- Peine desoperculador
- Ahumador
- Stickers para rotular
- Caja de cartón
- Lapicero azul
- Cinta aislante
- Papel bond
- Plumón
- Libreta de apuntes
- Mascarilla
- Guantes de latex

2.7.2. Insumos

- Miel de abeja (*Apis mellifera*)

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Tabla 2. Concentración de Cadmio en miel de abeja (*Apis Mellifera*) del Distrito de Cajamarca y Distrito de La Encañada.

N° de muestra	Distrito	Localidad (Centro Poblado)	Concentración de Cadmio
1	La Encañada	Combayo	< 0,154 mg/Kg
2			0,953 mg/Kg
3			< 0,154 mg/Kg
4	Cajamarca	Romeral	0,070 mg/Kg
5			0,757 mg/Kg
6		0,446 mg/Kg	
7		Huambocancha	1,385 mg/Kg
8			0,238 mg/Kg
9			0,391 mg/Kg
10	< 0,154 mg/Kg		
11	Huacariz (La Paccha)	< 0,154 mg/Kg	
12			2,875 mg/Kg

En la tabla 2, se observa en el Distrito de La Encañada el Cadmio en miel de abeja (*Apis mellifera*) del Centro Poblado Combayo las muestras 1, 2 y 3 se encuentran por encima del límite máximo permisible (< 0,154 mg/Kg a 0,953 mg/Kg); en el Centro Poblado Romeral las muestras 5 y 6 están sobre los límites máximos permisibles (0,446 mg/Kg y 0,757 mg/Kg), en el Centro Poblado Romeral la muestra 4 está por debajo del valor máximo permisible (siendo 0,070 mg/Kg). El Reglamento Técnico Mercosur menciona que el límite máximo permisible para cadmio en miel de

abeja es 0,10 mg/Kg, se obtuvo 83 % (5/6) muestras por encima de 0,10 mg/Kg y solo 17 % (1/6) por debajo del límite máximo permisible.

Se observa también que la miel de abeja (*Apis mellifera*) del Centro Poblado Huambocancha las muestras 7, 8 y 9 están sobre el valor máximo permisible (0,238 mg/Kg a 1,385 mg/Kg) y en Huacariz (La Paccha) las muestras 10, 11 y 12 también están por encima del límite máximo permisible ($< 0,154$ mg/Kg a 2,875 mg/Kg). Teniendo en ambos Centros Poblados 100 % de muestras superiores al límite máximo permisibles establecidos en el Reglamento Técnico Mercosur.

Tabla 3. Concentración de Plomo en miel de abeja (*Apis Mellifera*) del Distrito de Cajamarca y Distrito de La Encañada.

N° de muestra	Distrito	Localidad (Centro Poblado)	Concentración de Plomo
1			0,183 mg/Kg
2		Combayo	1,674 mg/Kg
3	La Encañada		1,986 mg/Kg
4			2,478 mg/Kg
5		Romeral	1,332 mg/Kg
6			2,086 mg/Kg
7			$< 0,001$ mg/Kg
8		Huambocancha	0,201 mg/Kg
9	Cajamarca		0,160 mg/Kg
10			0,632 mg/Kg
11		Huacariz (La Paccha)	0,070 mg/Kg
12			0,535 mg/Kg

En la tabla 3, se observa en el Distrito de La Encañada el Plomo en miel de abeja (*Apis mellifera*) del Centro Poblado Combayo las muestras 2 y 3 se encuentran por encima del límite máximo permisible (1,674 mg/Kg y 1,986 mg/Kg), la muestra 1

está por debajo del límite máximo permisible (0,183 mg/Kg); en el Centro Poblado Romeral las muestras 4, 5 y 6 están sobre el límite máximo permisible (1,332 mg/Kg a 2,478 mg/Kg). De acuerdo al Reglamento Técnico Mercosur el límite máximo permisible de plomo es 0,30 mg/Kg de miel de abeja, el 83 % (5/6) muestras se encuentran sobre este nivel y 17 % (1/6) por debajo del límite máximo permisible.

Se evidencia que en el Distrito de Cajamarca el Plomo en miel de abeja (*Apis mellifera*) del Centro Poblado Huambocancha las muestras 7, 8 y 9 se encuentran por debajo de los límites permisibles (0,001 mg/Kg a 0,201 mg/Kg); en Huacariz (La Paccha) las muestras 10 y 12 están por encima del límite máximo permisible (0,535 mg/Kg y 0,632 mg/Kg); en Huacariz (La Paccha) la muestra 11 está por debajo del valor máximo permisible (0,070 mg/Kg). Obteniendo 33 % (2/6) muestras por encima del límite máximo permisible y 67 % (4/6) muestras por debajo del límite permisible establecido en el Reglamento Técnico Mercosur (0,30 mg/Kg de plomo en miel de abeja).

3.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

De la tabla 2, el Cadmio 92 % (11/12) muestras de miel de abeja (*Apis mellifera*) sobrepasan el límite permisible y 8 % (1/12) se encuentra por debajo de 0,10 mg/Kg. A diferencia de la tabla 3, referente a Plomo 58 % (7/12) muestras de miel de abeja (*Apis mellifera*) sobrepasan el límite permisible y 42 % (5/12) se encuentra por debajo de 0,30 mg/Kg establecido en el Reglamento Técnico Mercosur.

El contenido de metales pesados reportados por Ramírez en el año 2002, en miel de abeja (*Apis mellifera*) en Hidalgo (México), en cuanto a Cadmio fue de 0,828 mg/kg. Se encontró que era significativamente diferente de la concentración en áreas rurales donde la vegetación original aparentemente no estaba contaminada. Estos resultados difieren totalmente con el presente estudio ya que las muestras de Cadmio 1, 2, 3, 5 y 6 del Distrito de la Encañada y las muestras 7, 8, 9, 10, 11 y 12 del Distrito de Cajamarca tienen niveles superiores; teniendo la mayor concentración en la muestra 12 de Huacariz (La Paccha) conteniendo 2,875 mg/Kg y del Centro Poblado

Huambocancha la muestra 7 con resultado de 1,385 mg/Kg que están por encima de los valores indicados en el Reglamento Técnico Mercosur.

Los datos obtenidos y reportados por Turco en el mes de abril del año 2009, menciona que el Plomo en mayor proporción se encuentra en la zona de Concepción como Matahuasi, entre 0,094 mg/kg y 0,057 mg/kg siendo un aproximado, las zonas de Huancayo, como San Agustín de Cajas, asimismo San Jerónimo de Tunán y El Mantaro se encontró 0,038 mg/kg; 0,027 mg/kg; 0,025 mg/kg y 0,022 mg/kg, respectivamente; en junio del 2009 el mismo autor detectó en la zona de Concepción 0,053 mg/kg, asimismo en las zonas de Matahuasi, El Mantaro y San Jerónimo de Tunan. Estos resultados discrepan totalmente a este estudio teniendo niveles superiores en las muestras 2, 3, 4, 5 y 6 del Distrito de la Encañada y las muestras 10 y 12 del Distrito de Cajamarca; encontrándose la mayor concentración de Plomo en las muestras 10 y 12 del Centro Poblado Romeral con 2,478 mg/Kg y 2,086 mg/Kg, respectivamente, estando por encima del valor máximo permisible según el Reglamento Técnico Mercosur. Estas diferencias de resultados probablemente se deban a que las abejas vuelan kilómetros a través del área, para recolectar el néctar de las plantas o de secreciones de partes vivas de éstas, recogiendo partículas suspendidas en el aire con sus cuerpos peludos mientras recolectan néctar de las flores, mielatos y agua de arroyos, que luego transforman y combinan con sustancias que depositan, deshidratan y almacenan en el panal hasta su maduración, es decir recolectan muestras de todas partes del medio ambiente (vegetación, aire, agua y suelo).

Las mayores concentraciones de Cadmio y Plomo se encontraron en las diversas localidades de la Provincia de Cajamarca ya que los Centros Poblados de Combayo, Romeral y Huambocancha se encuentran dentro de la extensión minera de Newmont y Michiquillay, asimismo la localidad de Huacariz (La Paccha) las pasturas y diversos vegetales son regadas con aguas servidas de la ciudad de Cajamarca; posiblemente siendo estas las causas que los niveles de Cadmio y Plomo estén por encima de los niveles permisibles.

Según Ramírez, la contaminación de la miel de abeja (*Apis mellifera*) posiblemente se deba al medio ambiente (suelo, agua y aire), en sitios contaminados

las abejas pueden interceptar contaminantes atmosféricos que se adhieren a su cuerpo y obtener polen con ciertos contaminantes por la transferencia del suelo a la planta. A pesar de que el cadmio se acumula en el suelo de zonas agrícolas mediante los fertilizantes fosfatados, en la ciudad los procesos de combustión pueden generar e incrementar las concentraciones de metales en el ambiente.³⁵

En mayoría de las muestras las concentraciones obtenidas de Cadmio y Plomo están por encima de los valores indicados, esto nos indica que la Provincia de Cajamarca tiene un nivel de contaminación ambiental elevado, por lo tanto, este tipo de contaminación está llegando a la población mediante la miel de abeja que es un producto origen animal ampliamente consumido en cada hogar.

3.3. Contrastación de hipótesis

La hipótesis de investigación fue: La miel de abeja (*Apis mellifera*) en la provincia de Cajamarca tiene una concentración de Cadmio y Plomo por encima de los niveles máximos permisibles establecido en las normas vigentes. De acuerdo a lo mencionado, se puede resaltar que la miel de abeja (*Apis mellifera*) en los Centros Poblados Combayo, Romeral, Huambocancha y Huacariz (La Paccha) de la Provincia de Cajamarca tienen una concentración de Cadmio en 92% de muestras y Plomo en 58% de muestras, que se encuentran por encima de los niveles máximos permisibles establecidos en las normas vigentes.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- Se concluye que: Los niveles de Cadmio 92 % (11/12) muestras de miel de abeja (*Apis mellifera*) sobrepasan los límites máximos permisibles y 8 % (1/12) se encuentra por debajo de 0,10 mg/Kg, según el Reglamento Técnico Mercosur.
- Se concluye que: Los niveles Plomo 58 % (7/12) muestras de miel de abeja (*Apis mellifera*) sobrepasan los límites máximos permisibles y 42 % (5/12) se encuentra por debajo de 0,30 mg/Kg, según el Reglamento Técnico Mercosur.

CAPÍTULO V

SUGERENCIAS

- ✓ Ante la falta de estudios sobre las concentraciones de cadmio y plomo en miel de abeja (*Apis mellifera*) en la Provincia de Cajamarca, se sugiere realizar nuevas investigaciones referentes a la apicultura en otros metales pesados.
- ✓ Realizar otros estudios en tiempo de lluvias y sequia para comparar si depende del clima la presencia o ausencia de cadmio y plomo en miel de abeja (*Apis mellifera*).

REFERENCIAS

1. Verde, Mayda M. (2014). Apicultura y seguridad alimentaria. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48.
2. Novelo, G., Cortez, T., Jorge, A., López, T., Víctor, M., Canul, T., Elsy, N., Vargas, V y María de L. (2013). Productos con alto contenido de miel, como opción para incrementar su uso en Yucatán. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 33, 576-586.
3. Singh, C., Shubharani, R., & Sivaram, V. (2014). Assessment of heavy metals in honey by atomic absorption spectrometer. *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 3(8), 509-515.
4. Salma, I., Maenhaut, W., Dubtsov, S., Papp, É. Z., & Záray, G. (2000). Impact of phase out of leaded gasoline on the air quality in Budapest. *Microchemical Journal*, 67, 127–133.
5. Borrás, M. J. (2016). Herramientas Analíticas en la Clasificación de Mieles en Base a Criterios de Calidad e Inocuidad.
6. INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2017). Principales resultados del censo de población y vivienda 2017.
7. Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina*, 63(1), 51-64.
8. Rubio A. C. (2000). Ingesta dietética de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn y Mn) en la Comunidad Autónoma Canaria.
9. Turco, H. C. S.; (2009). Determinación del contenido de plomo en las fuentes de agua, carga de polen y cuerpo de *Apis mellifera* en el valle del Mantaro”. Tesis Universidad Nacional del Centro del Perú, pp. 45.
10. REDVET, R.E.V, (2007). Impacto social de la presencia de residuos químicos de síntesis en los productos de la colmena.
11. Sharma P., & Dubey R.S. (2005). Lead Toxicity in Plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17, 35–52. [Internet]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000100004> (Consultado el 24/05/2023).

12. Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68, 167–182. [Internet]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032> (Consultado el 02/06/2023).
13. González Valdez, E., González Reyes, E., Bedolla Cedeño, C., Lorena Arrollo Ordaz, E., & Manzanares Acuña, E. (2008). Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo por envenenamiento de plomo en niños mexicanos Blood lead levels and risk factors for lead poisoning in mexican children. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.º*, 43, 114–119.
14. Rodríguez, L. C. (2007). Fitoremediación con especies nativas en suelos contaminados por Plomo. Universidad Nacional Agraria La Molina.
15. World Health Organization. Air quality guidelines for Europe [Internet]. 2th ed. Copenhagen, Denmark: World Health Organization Regional Office for Europe. 2001[cited 2015 Feb]. Available from: [Internet]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinbio/cib-2016/cib163f.pdf> (Consultado el 06/06/2023).
16. Queirolo, E., Ettinger, A., Stoltzfus, R., Kordas, K. Association of anemia, child and family characteristics with elevated blood lead concentrations in preschool children from Montevideo, Uruguay. *Arch Environ Occup Health*. PubMed. 2010 April-Jun; 65(2):94-100.
17. Agency of Toxic Substances and Disease Registry. Case studies in environmental medicine. Lead toxicity. US Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta, GA: The Agency; 2007. [Internet]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000200011 (Consultado el 10/06/2023).
18. Storelli, M.M. Intake of essential minerals and metals via consumption of seafood from the Mediterranean Sea. *J Food Prot*. 2009;72(5):1116-20.
19. EFSA (European Food Safety Authority). Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission on cadmium in food. *EFSA J*. 2009;980:1-139.
20. Agency for toxic substance and disease registry (ATSDR). U.S. Toxicological profile for cadmium. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, Atlanta. 2007.

21. Reglamento Técnico Mercosur sobre límites máximos de contaminantes Cd y Pb Inorgánicos en alimentos (Derogación de las Res. Gmc N° 102/94 y N° 35/96). [Internet]. Disponible en: https://normas.mercosur.int/simfiles/normativas/39645_RES_0122011_ES_RT%20Limites%20Contaminantes.pdf (Consultado el 09/06/2023).
22. Santacruz, E.I., Martínez Benavides, J., & Jurado Gámez, H. (2016). Identificación de flora y análisis nutricional de miel de abeja para la producción apícola. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(1), 37. [Internet]. Disponible en: [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)37-44](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)37-44) (Consultado el 12/06/2023).
23. Mendizabal, F. (2005). *Abejas*. Argentina: Editorial Albatros.
24. Rodríguez, V. M. (2008). *Bases de la Alimentación Humana*. España: Netbiblo.
25. Fritzsche, D. (2012). *Tabla de intolerancias alimentarias*. España: Editorial HISPANO EUROPEA.
26. Linstromberg, W. (2007). *Curso breve de química orgánica*. México: Reverte.
27. Cuamatzi, Ó. (2004). *Bioquímica de los procesos metabólicos*. España: Reverte.
28. Allinger, N. (2007). *Química orgánica*. España: Reverte.
29. Prost, J. (2007). *Apicultura: conocimiento de la abeja. Manejo de la colmena*. España: Mundi-Prensa Libros.
30. Pardo, A. (2005). *Descubra el poder de la miel*. Argentina: Imaginador.
31. Morales, R. G. E. *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago*. Editorial Universitaria SA, Santiago de Chile, 2006.
32. Al-Waili, N., Salom, K., Al-Ghamdi, A. and Ansari, M. J. 2012. Antibiotic, Pesticide, and Microbial Contaminants of honey: Human Health Hazards. *The Scientific World Journal*, 1-9. [Internet]. Disponible en: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/609/1/Cap%20Productos%20apicolas%20miel%20y%20polen.pdf> (Consultado el 16/06/2023).
33. Fernández, P. (2012). *Dones del cielo. Abeja y Miel en el Mediterráneo Antiguo*. España: Editorial UNED.

34. Bradbear, N. (2004). La apicultura y los medios de vida sostenibles. Italia: Food & Agriculture Org.
35. Rodríguez, C. (2005). Bases de la producción animal. España: Universidad de Sevilla.
36. Abril Díaz, N., Antonio Bárcena Ruiz, J., Fernández, E., Cejudo, A.G., Novo, J.J., Peinado, J.P., Toribio Meléndez-Valdés, F., & Fiñana, I.T. Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. Uco. Es. [Internet] Disponible en: https://www.uco.es/dptos/bioquimicabiolmol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf (Consultado el 17/06/2023).

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de Cadmio en miel de abeja (*Apis mellifera*).

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental
CICOTOX

N°	98056	-	98067
----	-------	---	-------

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: CLAUSS EDWÍN LLICO SAÉNZ

TESIS: Concentración de Cadmio y Plomo en miel de abeja (*Apis mellifera*) en la provincia de Cajamarca.

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 DE SETIEMBRE DE 2023 **HORA:** 12:46:00 p. m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 06 DE OCTUBRE DE 2023 **HORA:** 07:40:00 p. m.


FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 DE OCTUBRE DE 2023 **HORA:** 08:21:00 p. m.

MÉTODOS: Cadmio : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito
Método no acreditado

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
98056	Miel - Código: Centro poblado Combayo 01	Cuantificación de Cadmio	< 0.154 mg/Kg
98057	Miel - Código: Centro poblado Combayo 02	Cuantificación de Cadmio	0.953 mg/Kg
98058	Miel - Código: Centro poblado Combayo 03	Cuantificación de Cadmio	< 0.154 mg/Kg
98059	Miel - Código: Centro poblado Romeral 01	Cuantificación de Cadmio	0.070 mg/Kg
98060	Miel - Código: Centro poblado Romeral 02	Cuantificación de Cadmio	0.757 mg/Kg
98061	Miel - Código: Centro poblado Romeral 03	Cuantificación de Cadmio	0.446 mg/Kg
98062	Miel - Código: Centro poblado Huambocancha 01	Cuantificación de Cadmio	1.385 mg/Kg
98063	Miel - Código: Centro poblado Huambocancha 02	Cuantificación de Cadmio	0.238 mg/Kg
98064	Miel - Código: Centro poblado Huambocancha 03	Cuantificación de Cadmio	0.391 mg/Kg
98065	Miel - Código: Huacariz, Distrito Cajamarca 01	Cuantificación de Cadmio	< 0.154 mg/Kg
98066	Miel - Código: Huacariz, Distrito Cajamarca 02	Cuantificación de Cadmio	< 0.154 mg/Kg
98067	Miel - Código: Huacariz, Distrito Cajamarca 03	Cuantificación de Cadmio	2.874 mg/Kg

Límite de detección: < 0.154 mg/Kg


 Director de CICOTOX
Dr. José A. Apestequía Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 C.Q.F.P N° 06538
 RNE 240
 D.N.I N° 09359857



Lima, 27 de octubre de 2023

 Analista de CICOTOX
Bach. Tox. María Ochoa Santiago

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Anexo 2. Resultados de Plomo en miel de abeja (*Apis mellifera*).



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental
CICOTOX



N°	98068	-	98079
----	-------	---	-------

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: CLAUSS EDWÍN LLICO SAÉNZ

TESIS: Concentración de Cadmio y Plomo en miel de abeja (*Apis mellifera*) en la provincia de Cajamarca.

FECHA DE RECEPCIÓN:	28 DE SETIEMBRE DE 2023	HORA:	12:46:00 p. m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	06 DE OCTUBRE DE 2023	HORA:	07:40:00 p. m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS:	21 DE OCTUBRE DE 2023	HORA:	01:29:00 a. m.

MÉTODOS: Plomo : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito
Método no acreditado

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
98068	Miel - Código: Centro poblado Combayo 01	Cuantificación de Plomo	0.183 mg/Kg
98069	Miel - Código: Centro poblado Combayo 02	Cuantificación de Plomo	1.674 mg/Kg
98070	Miel - Código: Centro poblado Combayo 03	Cuantificación de Plomo	1.986 mg/Kg
98071	Miel - Código: Centro poblado Romeral 01	Cuantificación de Plomo	2.478 mg/Kg
98072	Miel - Código: Centro poblado Romeral 02	Cuantificación de Plomo	1.332 mg/Kg
98073	Miel - Código: Centro poblado Romeral 03	Cuantificación de Plomo	2.086 mg/Kg
98074	Miel - Código: Centro poblado Huambocancha 01	Cuantificación de Plomo	< 0.001 mg/Kg
98075	Miel - Código: Centro poblado Huambocancha 02	Cuantificación de Plomo	0.201 mg/Kg
98076	Miel - Código: Centro poblado Huambocancha 03	Cuantificación de Plomo	0.160 mg/Kg
98077	Miel - Código: Huacariz, Distrito Cajamarca 01	Cuantificación de Plomo	0.632 mg/Kg
98078	Miel - Código: Huacariz, Distrito Cajamarca 02	Cuantificación de Plomo	0.070 mg/Kg
98079	Miel - Código: Huacariz, Distrito Cajamarca 03	Cuantificación de Plomo	0.535 mg/Kg

Limite de detección: < 0.001 mg/Kg

Director de CICOTOX

Dr. José A. Apesteúa Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal

C.Q.F.P N° 06538
 RNE 240
 D.N.I N° 09359857



Lima, 27 de octubre de 2023.

Análisis de CICOTOX
 Bach. Tox. María Ochoa Santiago

“FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO”

Anexo 3. Determinación de Cadmio.

DETERMINACIÓN DE CADMIO EN MIEL DE ABEJA POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO

1.- REACTIVOS Y ESTÁNDARES

- Todos los reactivos utilizados deben especificar "Para análisis" y el agua debe ser ultrapura.
- Ácido nítrico 68 – 70% purificado.
- Ácido perclórico concentrado
- Solución ácido nítrico concentrado
- Solución ácido nítrico 10%%
- Solución ácido clorhídrico 10%
- Solución patrón de cadmio de 1000 mg/L.
- Gas argón UHP, 99.9999% de pureza.

2.- EQUIPOS

- Equipo Absorción atómica, Marca y modelo THERMO SCIENTIFIC ICE 3000 equipado con horno de grafito
- Balanza analítica, marca RAGDAW
- Plancha de calentamiento.
- Mufla
- Micropipetas 10 – 100 μ L, 100 – 1000 μ L, marca Isolab.
- Cubas plásticas de 1.5 mL.
- Fiolas de 10, 25 y 100 mL, marca Isolab.

3.-CONDICIONES ESPECTROFOTOMÉTRICAS

- Longitud de onda: 228.8 nm.
- Flujo de gas argón: 2 L/min.
- Ranura (Slit): 0.5 nm.
- Corrección de fondo: Zeeman
- Corriente de lámpara: 8 mA.
- Tubo de grafito: Normal
- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de Cadmio.
- Medida de señal: Área del pico.
- Volumen de muestra: 20 μ L

Rampa de calentamiento del horno grafito:

Fase	Temperatura (°C)	Tiempo (seg)	Rampa (°C/seg)	Gas flujo
1	125	30.0	10	0.2L/min
2	500	30.0	150	0.2L/min
3	1900	3.0	0	Apagado
7	2500	3.0	0	0.2L/min

4.- PROCEDIMIENTO OPERATORIO

4.1.- PREPARACIÓN DE CURVA DE CALIBRACIÓN

Los estándares para la curva de calibración se prepararon como sigue a continuación:

- A partir de una solución stock de 1000 ppm de cadmio se prepara una solución patrón de 100 ppm.
- A partir de esta solución patrón, se prepara una solución de 10 ppm de cadmio (se toma 10 ml de 100 ppm en fiola de 100 ml, con enrase de ácido nítrico 10% (v/v).
- Finalmente, de esta última solución (10 ppm), se toma 1 ml que será transferida a una fiola de 100 ml, con enrase de agua ultrapura. La concentración es de 100 ppb.
- A partir de la solución de 100 ppb, se prepara las siguientes concentraciones: 5, 10, 50 ppb de estándar de cadmio, se emplea agua ultrapura para enrase.

4.2.- PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- Calentar en baño maría la miel, para disminuir la viscosidad.
 - Pesar 10 gramos de la muestra y transferir a un crisol de porcelana.
 - Colocar los crisoles en mufla para incineración de muestra, gradualmente hasta llegar a 450°C por 16 horas, con el objetivo de conseguir un residuo libre de materia orgánica.
 - El residuo obtenido, añadirle 4 ml de ácido nítrico concentrado y someterlo a calentamiento a 150 °C, casi a sequedad para eliminar restos de óxidos por 2 horas aproximadamente.
 - Añadir 2 ml de ácido nítrico concentrado y 1 ml de ácido perclórico concentrado y calentar en plancha de calentamiento casi a sequedad.
 - Retirar de la plancha de calentamiento y dejar enfriar a temperatura ambiente.
 - Filtrar con agua ultrapura, transvasar a fiola de 10 mL y enrasar con agua ultrapura.
- Proceder a realizar las lecturas.

5.- LECTURA EN EL EQUIPO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

Colocar las muestras en pocillos de 1.5 ml en el carrusel del auto muestreador, tendrá una secuencia de blanco, los 3 estándares y muestras por medio del auto muestreador. Se utiliza el gas argón como arrastre y agua ultrapura como solución de lavado.

Proceder a leer bajo las condiciones espectrofotométricas según punto 3.

Anexo 4. Resultados de Cadmio y Plomo.

RESULTADOS GENERALES DE CADMIO

Resultado	N°	%	Media	D.E.	Min	Máx	Mediana
No Permitido	11	92%	0.70	0.83	0.15	2.88	0.39
Permitido	1	8%	0.07	0.00	0.07	0.07	0.07

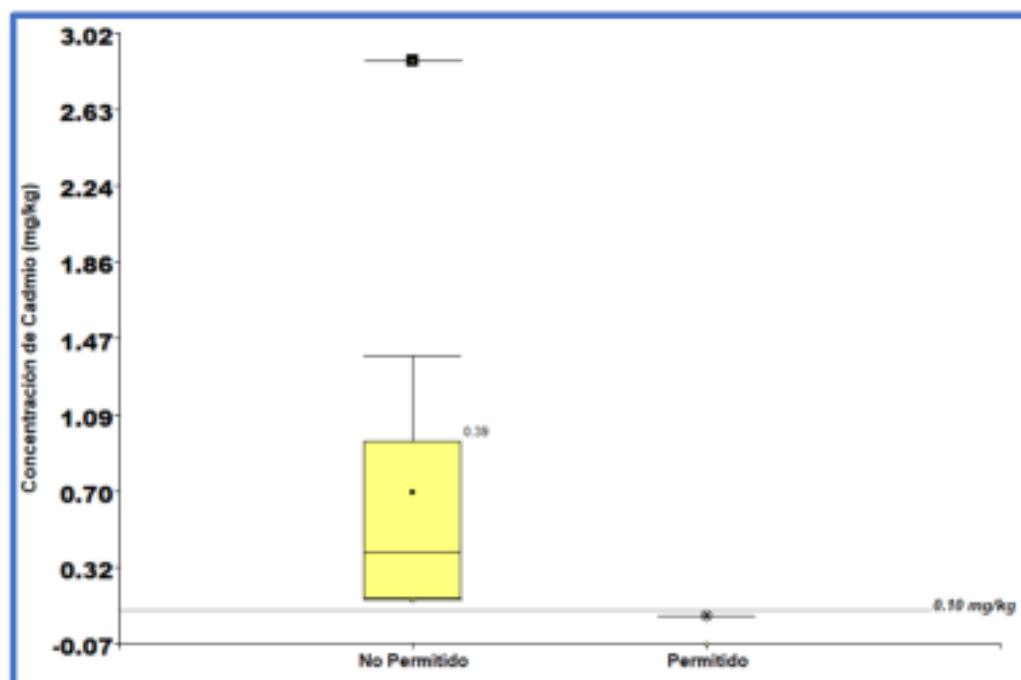


Fig 1; Concentración de Cadmio en doce localidades

CONCENTRACIÓN DE CADMIO POR DISTRITO

La Encañada.

Categorías	N°	%	Media	D.E.	Min	Máx	Mediana
No Permitido	5	83%	0.4928	0.35	0.154	0.953	0.446
Permitido	1	17%	0.07	0	0.07	0.07	0.07

Cajamarca.

Resultado	N°	%	Media	D.E.	Min	Máx	Mediana
No Permitido	6	100%	0.87	1.09	0.15	2.88	0.31

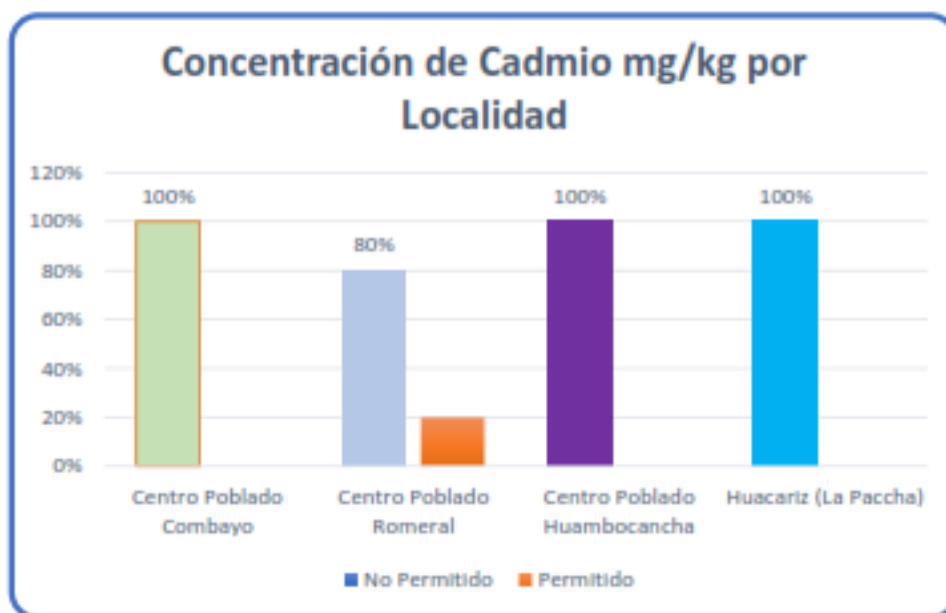


Fig 2; Concentración de Cadmio por Localidad.

RESULTADOS GENERALES DE PLOMO

Resultado	Nº	%	Media	D.E.	Min	Máx	Mediana
No Permitido	7	58%	1.53	0.74	0.54	2.48	1.67
Permitido	5	42%	0.12	0.08	0.00	0.20	0.16

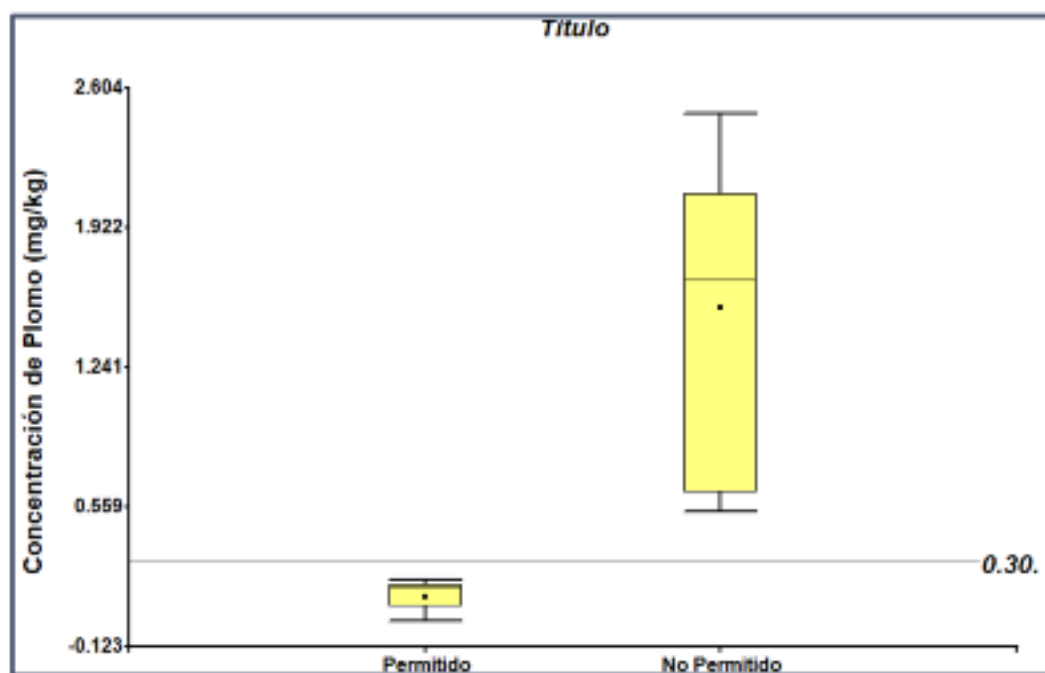


Fig 3; Concentración de Plomo en doce localidades

CONCENTRACIÓN DE PLOMO POR DISTRITO

Cajamarca.

Categorías	N°	%	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana
No Permitido	2	33%	0.58	0.07	0.54	0.63	0.58
Permitido	4	67%	0.11	0.09	0.00	0.20	0.12

La Encañada.

Categorías	N°	%	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana
No Permitido	5	83%	1.91	0.43	1.33	2.48	1.99
Permitido	1	17%	0.18	0	0.18	0.18	0.18

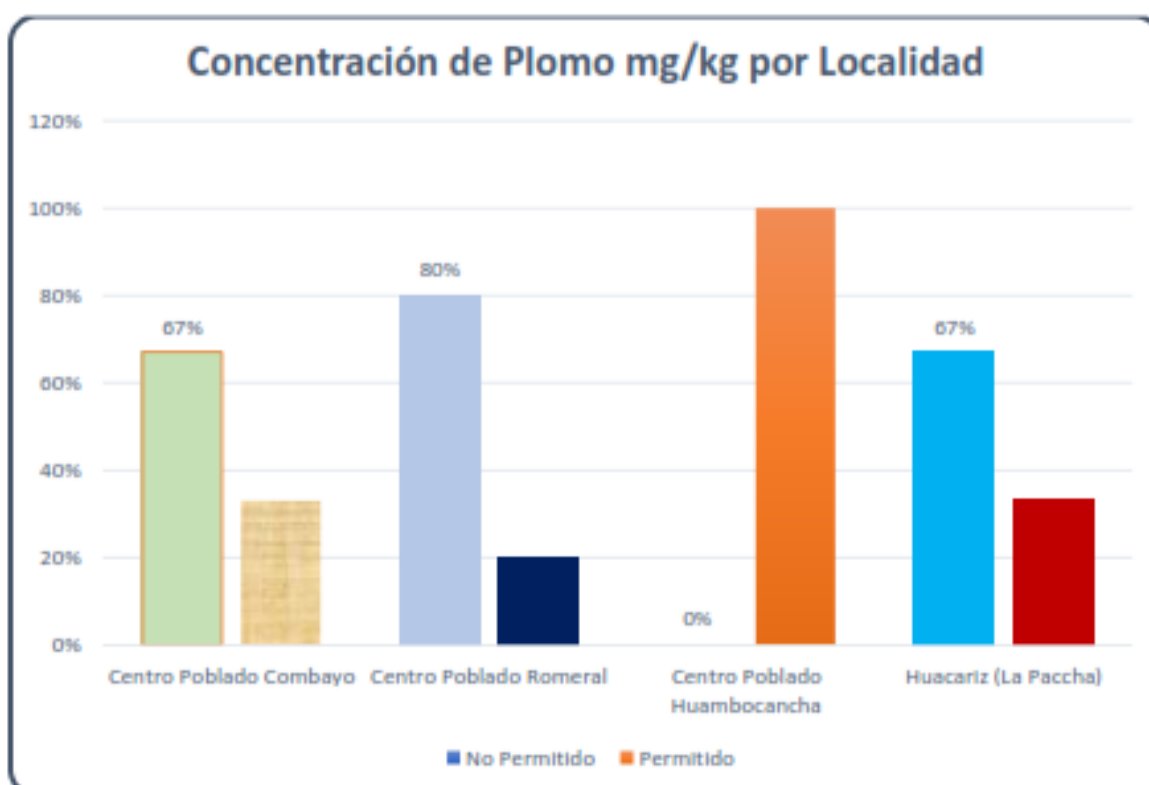


Fig 4; Concentración de Plomo por localidad.

Anexo 5. Panel fotográfico de la tesis



Fig 1. Centrifugación de los marcos para la extracción de miel.



Fig 2. Extracción de miel de abeja directo del panal.



Fig 3. Balanza para determinar el peso de 350g de miel de abeja.



Fig 4. Muestras en frascos con tapas herméticas debidamente rotulados.

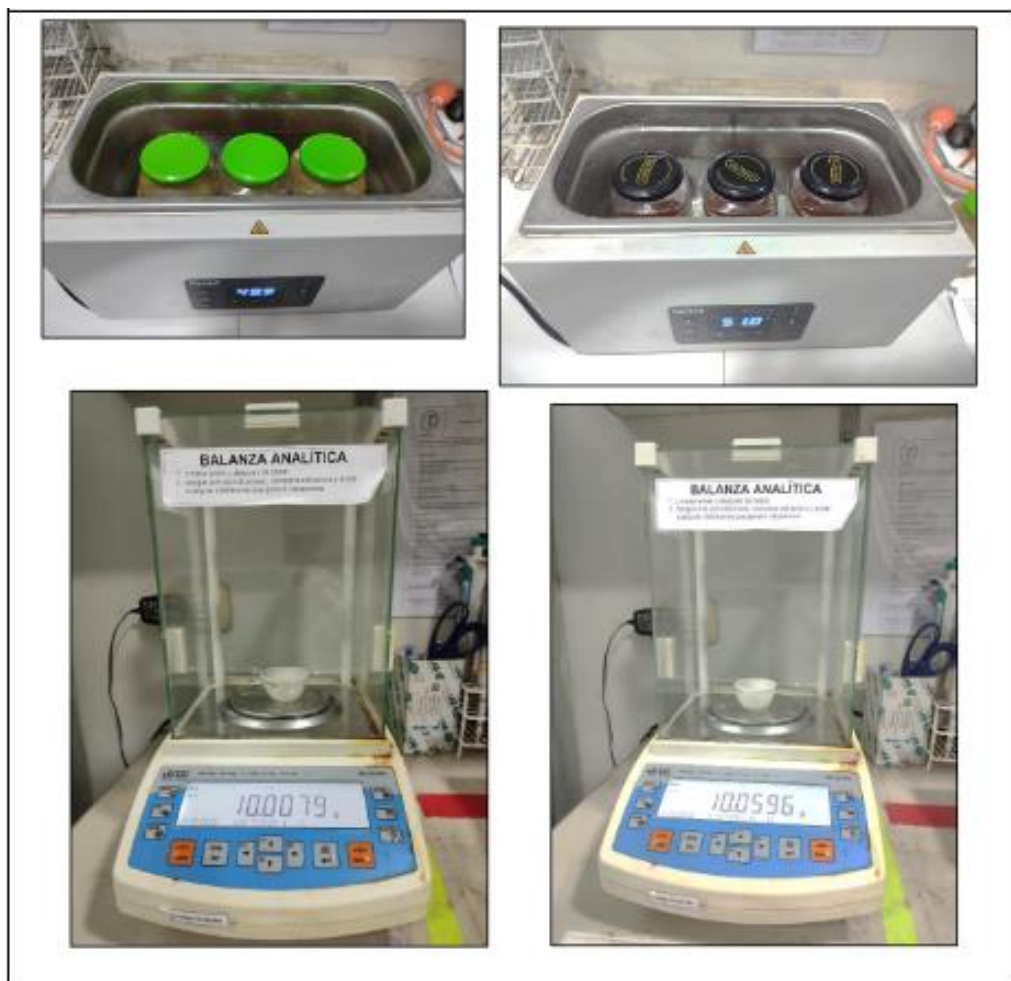


Fig 5. Calentamiento y pesado de muestras.



Fig 6. Muestras en Digestión.

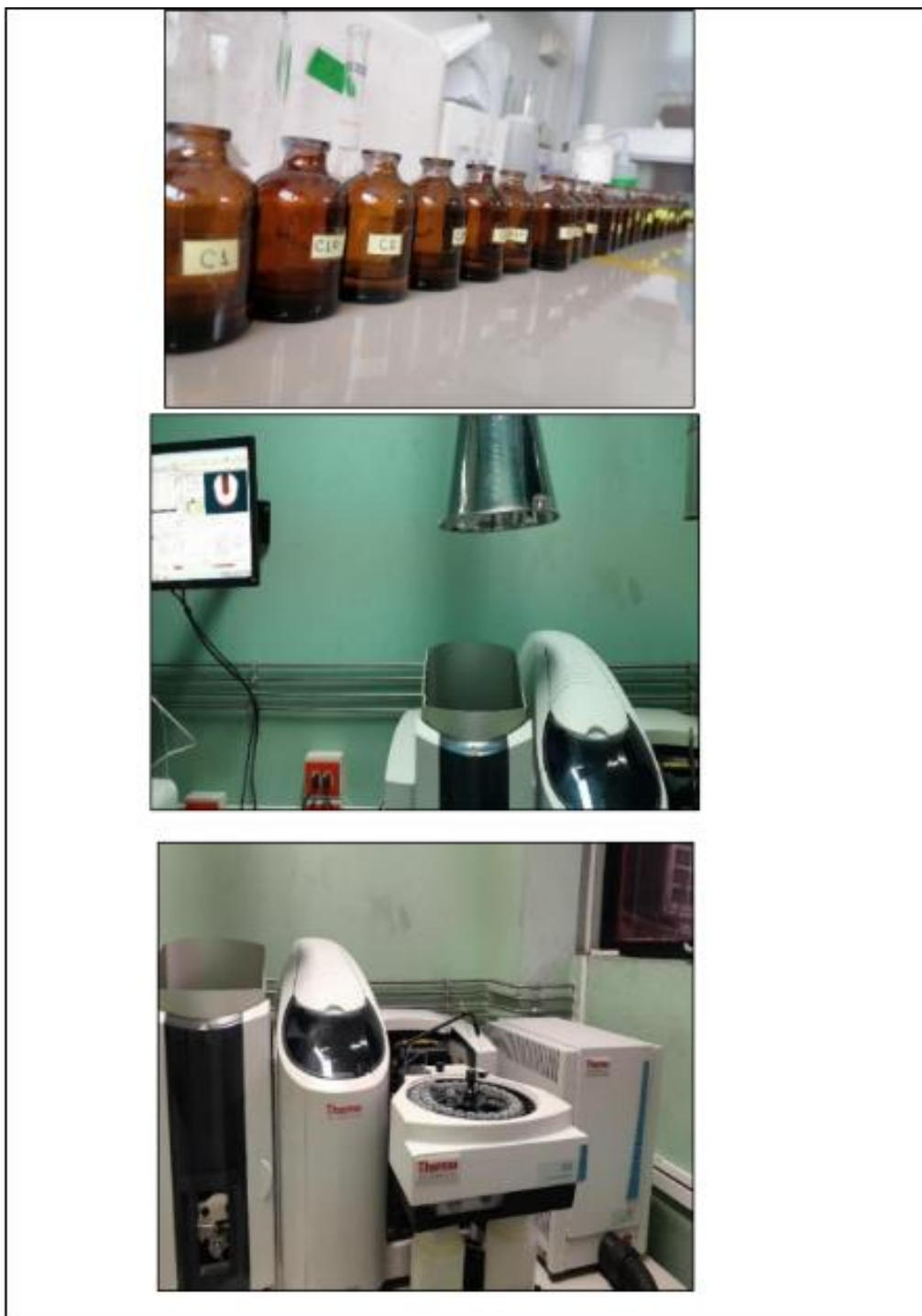


Fig 7. Muestras digeridas para lectura.