



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
Y DE LA AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA**

AUTOR: FLAVIO ALEX CONDOR SALAZAR

**TEMA: DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN MIEL DE ABEJA
PARA SU EVALUACIÓN COMO INDICADOR AMBIENTAL EN ZONAS
CONTAMINADAS, EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA-ECUADOR.**

**DIRECTORA: ING. VERÓNICA MARCILLO
CODIRECTORA: ING. LUCÍA JIMÉNEZ**

SANGOLQUÍ, 2015

LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR:

Flavio Alex Condor Salazar

COORDINADORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

Dra. María Augusta Chávez

Lugar y fecha: _____

CERTIFICACIÓN

Ing. Verónica Marcillo

Ing. Lucía Jiménez

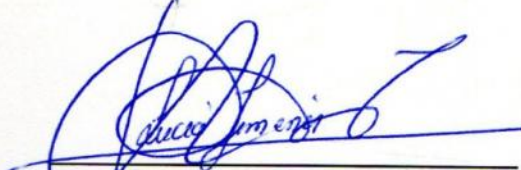
Certifican:

Que el trabajo titulado “Determinación de metales pesados en miel de abeja para su evaluación como indicador ambiental en zonas contaminadas, en la provincia de Pichincha-Ecuador” realizado por Condor Salazar Flavio Alex, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.

Sangolquí, Julio 2015


Ing. Verónica Marcillo

DIRECTORA


Ing. Lucía Jiménez

CODIRECTORA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Flavio Alex Condor Salazar

Declaro que:

El proyecto de grado denominado “Determinación de metales pesados en miel de abeja para su evaluación como indicador ambiental en zonas contaminadas, en la provincia de Pichincha-Ecuador”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mí autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Julio de 2015



Flavio Alex Condor Salazar

AUTORIZACIÓN

Yo Flavio Alex Condor Salazar, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Determinación de metales pesados en miel de abeja para su evaluación como indicador ambiental en zonas contaminadas, en la provincia de Pichincha-Ecuador”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Julio de 2015



Flavio Alex Condor Salazar

DEDICATORIA

A mi madre quien me ha ayudado a crecer y desenvolverse.

A mi abuelo materno, Lino Condor, quien fue para mí como un padre, su ejemplo de vida es admirable y su amistad única e irrepetible.

Flavio

AGRADECIMIENTOS

Retribuyo a Dios por haberme permitido realizar este proyecto, y por las enseñanzas humanas que se aprendió.

A mi madre por su apoyo económico en el desarrollo este proyecto.

Al Dr. Luzuriaga Oscar, director de LABOLAB, quien me ayudo avanzar en este proyecto, y por sus consejos.

Al Ing. Pedro Romero, por su asesoría estadística. También por su confianza, amistad y ejemplo humano.

Al Dr. Rosero Hugo, Veterinario de Agrocalidad, quien me ayudo a capacitarme en varias actividades de la apicultura.

A mis tutoras, a la Ing. Marcillo y a la Ing. Jiménez, por su tiempo, paciencia y ayuda en realizarse este proyecto.

Flavio Condor Salazar

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁGINA
CERTIFICACIÓN	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iv
AUTORIZACIÓN	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Formulación del problema	1
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 La miel	5
1.4.2 Composición de la miel	5
1.4.3 Propiedades terapéuticas de la miel	7
1.4.4 Parámetros de calidad de la miel	9
1.4.5 Situación de la apicultura en el Ecuador	12
1.4.6 Metales pesados	14
1.4.7 Contaminación del aire	22
1.4.8 Contaminación del aire en el Distrito Metropolitano de Quito	24
1.4.9 Las abejas y sus productos como indicadores ambientales	26
1.4.10 Otras investigaciones del uso de la miel como indicador ambiental	29
1.4.11 Espectrofotometría de absorción atómica	30
1.5 Hipótesis	33
CAPÍTULO II	34
MATERIALES Y MÉTODOS	34

2.1 Ubicación del lugar de investigación	34
2.2 Ubicación geográfica de los centros apícolas a muestrear	34
2.3 Cronograma de muestreo	37
2.4 Recolección de muestras de miel	37
2.4.1 Materiales	37
2.4.2 Procedimiento	37
2.5 Métodos de análisis químico de las muestras de miel	38
2.6. Análisis estadístico	40
CAPÍTULO III	42
RESULTADOS	42
3.1 Resultados del análisis químico de las muestras de miel.	42
3.2 Resultados de los parámetros de calidad	43
3.3 Resultados de metales pesados	47
3.4 Resultados del análisis estadístico	49
CAPÍTULO IV	51
DISCUSIÓN	51
CAPÍTULO V	62
CONCLUSIONES	62
CAPÍTULO VI	64
RECOMENDACIONES	64
CAPÍTULO VII	65
BIBLIOGRAFÍA	65

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
TABLA 1. Composición media de la miel	6
TABLA 2. Cronograma de muestreo	37
TABLA 3. Métodos de análisis química de la miel	38
TABLA 4. Resultados del análisis químico de las muestras de miel	42
TABLA 5. Resultados del análisis de metales pesados	47
TABLA 6. Resultados de metales pesados por zona	49

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
FIGURA 1.	Caracterización de la composición química del aire en el año 2005 en DMQ.	25
FIGURA 2.	Esquema general de un espectrofotómetro de absorción atómica	31
FIGURA 3.	Ubicación geográfica de los centros apícolas	36
FIGURA 4.	Porcentaje del contenido de humedad en cada apiario	43
FIGURA 5.	Porcentaje del contenido de cenizas en cada apiario	44
FIGURA 6.	Contenido de HMF en cada apiario	44
FIGURA 7.	Porcentaje de azúcares reductores en cada apiario	45
FIGURA 8.	Valor de la acidez en cada apiario	46
FIGURA 9.	Número de diastasa en cada apiario	46
FIGURA 10.	Variabilidad de la concentración de cadmio en cada zona	48
FIGURA 11.	Variabilidad de la concentración de plomo en cada zona	48
FIGURA 12.	Variabilidad de la concentración de zinc en cada zona	49

RESUMEN

En este proyecto se realizó un biomonitoreo ambiental con abejas. Las abejas son insectos que atrapan contaminantes en sus cuerpos y lo almacenan en la miel que producen. Se determinó el contenido de 4 metales pesados (Zn, Cd, Pb y As) en la miel mediante espectrofotometría de absorción atómica. El principal objetivo de este proyecto fue relacionar los metales pesados contenidos en las muestras de miel de abeja con la contaminación del ambiente como resultado de las actividades antropogénicas en la provincia de Pichincha. Las muestras se las clasificó según su zona origen: rurales y urbanas, y se verificó si existe diferencia significativa de concentración de metales pesados en esas dos zonas. Se encontró que solo el plomo muestra diferencia significativa en las zonas; sin embargo esta dentro de los límites máximos permisibles, y el único metal que sobrepasa los límites es el cadmio en el apiario de Cumbayá (0,037ppm) y en Aloasí (0,035ppm). Adicionalmente, se verificó si este producto alimenticio cumple con las normas de calidad internacionales como son las propiedades físico químicas. Entre estos parámetros se encuentran Hidroximetilfurfural (HMF), actividad de la enzima diastasa, determinación de azúcares reductores, todos estos son parámetros indicadores de adulteración. Se compararon las muestras y para determinar si existe adulteración. Se encontró que el 83,3% cumplieron con las normas establecidas en la normativa nacional (INEN) para su contenido de HMF, actividad de diastasa, acidez, contenido de azúcares (sacarosa, fructuosa y glucosa), excluyendo metales pesados. También se buscó detectar residuos de antibióticos, pero en ninguna muestra se encontró.

Palabras clave:

- **BIOMONITOREO**
- **MIEL**
- **METALES PESADOS**
- **ANTIBIÓTICOS**
- **ADULTERACIÓN**

ABSTRACT

In this project was made an environmental biomonitoring with bees. Bees are insects that trap pollutants in their bodies and store it in the honey they produce. It was determined the content of 4 heavy metals (Zn, Cd, Pb and As) in honey by atomic absorption spectrophotometry. The main objective of this project was to relate the heavy metals contained in the samples of honey with environmental pollution as a result of anthropogenic activities in the province of Pichincha. The samples are classified according to their origin area: rural and urban, and it was verified if there are significant difference in concentration of heavy metals in these two areas. It was found that only lead shows significant difference in areas; however it is within the maximum permissible limits, the only metal that beyond the limits is the cadmium in the Cumbayá apiary (0,037ppm) and Aloasí (0,035ppm). Additionally, it is checked whether this food product meets international quality standards as are the physical and chemical properties. These parameters are Hydroxymethylfurfural (HMF), diastase activity, determination of reducing sugars; these are parameters indicative of adulteration. The samples were compared and interpreted in order to determine whether there was adulteration. It was found that 83,3% met the standards set in national legislation (INEN) acidity for HMF content, diastase activity, acidity, content of sugars (sucrose, fructose and glucose), excluding heavy metals. We also searched antibiotic residues, but in non sample were found.

Keywords:

- **BIOMONITORING**
- **HONEY**
- **HEAVY METALS**
- **ANTIBIOTICS**
- **ADULTERATION**

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Formulación del problema

En los últimos años, en el planeta ha existido un progresivo crecimiento del desarrollo humano y tecnológico, esto ha causado daños perturbadores en la vida de los ecosistemas, uno de ellos es el daño a algunas plantas melíferas. Este factor es ocasionado por la actividad minera, industrial, presencia de carreteras y volcanes, que han logrado cambiar las condiciones imperantes en las zonas aledañas a ellas, perjudicando la calidad de producción y su comercialización (Mejías, Olivares, Salas, & Montenegro, 2009).

El incremento continuo de la contaminación antropogénica en el ambiente acarrea un peligro grave para el ser humano, lo que requiere conocimiento y diligencia. Los indicadores ambientales son una herramienta bastante útil. Los trabajos científicos que tratan metales pesados permiten conocer el grado de contaminación de la miel por la presencia de elementos como: cobre, plomo, cadmio, mercurio y plata, originados por la actividad automovilística, zonas industriales, plaguicidas y relación entre ellos (Fernández, Muñoz, & Ortis, 1994).

La contaminación, natural y antropogénicas, exige una gestión y monitoreo constante del ambiente para asegurar un desarrollo sustentable. Este monitoreo requiere de técnicas costosas y complejas, por lo que resulta interesante el desarrollo de técnicas sencillas con grandes perspectivas como es el uso de la miel como indicador (Gorza & Gallez, 2007).

Las técnicas actuales solo dan valores puntuales de un lugar o área concreta, en cambio las abejas permiten dar valores de toda el área que recorre, siendo esta área mucho más amplia y por ende mejor monitoreada; además la presencia de metales pesados resulta no perjudicial para ellas (Perugini, Manera, Grotta, Amorena, Abete, & Tarasco, 2011).

1.2 Justificación e importancia

Muchas fuentes contaminantes antropogénicas como: baterías, fertilizantes o pesticidas, aportan metales pesados que no son biodegradados, sino que permanecen en el ambiente por cientos de años, en consecuencia se transfieren al hombre, causando una variedad de enfermedades crónico-degenerativas, entre ellas está depresión, retraso mental, osteoporosis; y, en concentraciones mayores, puede producir intoxicación aguda y hasta la muerte. El plomo no es un contaminante frecuente de alimentos, sin embargo, éste se lo encuentra presente en ciertos envases y aunque la normativa prohíbe el uso de estos envases, existen países que aún lo siguen utilizando y que pueden transmitir este elemento pesado a los alimentos, por lo que se debe controlar todos estos factores y crear nuevas estrategias sustentables para el agricultor y los productos que ellos obtienen (Barragán, 2007) (Montenegro, Bianchi, & Avallone, 2000).

El Biomonitorio es una técnica de evaluación del impacto ambiental que adecúa determinar el impacto de la contaminación sobre la parte viva del ambiente, a diferencia de las técnicas comunes que solo evalúan la parte abiótica de éste (aire, suelo, agua) (Gorza & Gallez, 2007).

Según Lezarte (2010) la miel de abeja presenta propiedades terapéuticas excepcionales, entre las que se puede mencionar: sedante, laxante, actividad intelectual.

La miel de abeja es un producto que genera una variedad de beneficios para el consumidor, por lo que se debe controlar su calidad e inocuidad. Los brotes de enfermedades transferidas por los alimentos ponen de manifiesto los problemas existenciales e incrementa la preocupación pública de los sistemas actuales de producción agrícola, elaboración y comercialización (FMO & OMS, 2003).

En los últimos años se han realizado investigaciones en otros países, de usar la miel como un bioindicador de la contaminación existente en el lugar de donde proviene. Esta

nueva perspectiva, respecto a los metales pesados en su contenido, permite conocer los sitios geográficos de donde proviene y de esta manera incrementar su valor agregado (Mejías, Olivares, Salas, & Montenegro, 2009).

El estudio realizado en el Centro Regional Apícola de Castilla-La Mancha, se ha comprobado que la miel, así como otros productos de colmena cumplen con los requisitos exigidos para ser un indicador ambiental válido y realizar un biomonitoreo ambiental de zonas contaminadas, pues presenta ventajas de bajo costo, fácil manejo y muestreo selectivo limitado a una superficie de varios kilómetros (Fernández, Muñoz, & Ortis, 1994).

El biomonitoreo suministra una herramienta única e innovada, cuya diferencia con los sistemas mecánicos, se basa en la probabilidad de integrar el flujo de contaminantes en el tiempo que se ven expuestos a las abejas y sus productos. Actualmente no existe en el país otra forma de medir acumulación de contaminantes dentro de un determinado período, los métodos actuales establecen la contaminación puntual en el momento de la medición (Gorza & Gallez, 2007).

Las abejas son caracterizadas por tener movilidad extremadamente alta, y eso permite que ellas estén continuamente expuestas a la contaminación antropogénica del aire y a la contaminación natural presente en el ambiente. Además, ellas son fáciles de recolectar, son sensibles a los cambios ambientales y a las actividades antropogénicas. En caso de compuestos que no son particularmente tóxicos para las abejas, la abeja actúa como un indicador indirecto y proporcionará información en forma de residuos (Mejías, Olivares, Salas, & Montenegro, 2009).

Por medio de investigaciones realizadas en otros países, se ha sugerido que la miel puede ser utilizada como un indicador ambiental de zonas contaminadas de diversas zonas del país. De acuerdo a varios análisis se puede decir con total seguridad que las mieles si son capaces de manifestar lo que sucede en zonas geográficas donde se

producen, en relación a la potencial contaminación que allí exista (Mejías, Olivares, Salas, & Montenegro, 2009).

Se ha comprobado que aquellas personas que viven o transitan mucho tiempo cerca de vehículos circundantes, sufren de rinitis alérgica, lo cual es preocupante que los centros educativos de la ciudad de Quito se encuentren muy cerca de regiones con mucho tráfico, lo que puede perjudicar a su salud en el futuro (Valero & Sánchez, 2012).

Por lo mencionado, es necesario experimentar esta nueva metodología de evaluación del impacto ambiental que permitirá conocer, tener un registro y control del aire de Quito-Ecuador.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinación de metales pesados en miel de abeja para su evaluación como indicador ambiental en zonas contaminadas, en la provincia de Pichincha-Ecuador.

1.3.2 Objetivos específicos

- Muestrear la miel de abeja en zonas contaminadas y en zonas con baja contaminación en la provincia de Pichincha.
- Evaluar la calidad de la miel de abeja mediante análisis de: acidez, azúcares, metales pesados, residuos de antibióticos, humedad, índice de diastasa, de hidrometilfurfural.
- Evaluar la miel de abeja como indicador ambiental mediante cuantificación de metales pesados utilizando espectrofotometría de absorción atómica.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 La miel

La miel es un producto alimenticio resultado de la producción de abejas melíferas a partir de secreciones procedentes de partes vivas de las plantas, o de secreciones de insectos (succionadores de plantas), que quedan sobre partes vivas de plantas o del néctar de las flores que las abejas coleccionan, transforman, combinan con sustancias propias, almacenan y dejan madurar en los panales de la colmena (Asensio, De Liñan, & Cegarra, 2001).

Se considera a la miel como una dispersión acuosa de partículas de tamaños altamente variables, desde iones inorgánicos y azúcares en disolución y macromoléculas de proteínas en dispersión coloidal hasta granos de polen. Adicionalmente posee una mezcla compleja de enzimas, ácidos orgánicos, hidratos de carbono, aminoácidos, minerales, sustancias aromáticas, pigmentos, granos de polen y cera. De acuerdo a su composición se han identificado 181 sustancias. Según su origen botánico, las mieles se clasifican en mieles de flores, que son las que se extraen de los néctares de las flores, y la miel de mielada, que es obtenida principalmente por medio de secreciones de las partes vivas de las plantas o de excreciones de insectos succionadores de plantas que se encuentran sobre ellas (Asensio, De Liñan, & Cegarra, 2001).

1.4.2 Composición de la miel

Las abejas melíferas son las elaboradoras de la miel transformándola de una sustancia líquida y perecedera, en una sustancia estable y de alto valor energético. La abeja es la principal protagonista de esta estabilidad por las enzimas que secreta. Posee mayoritariamente azúcares, uno de ellos es la sacarosa, que es disacárido, al romperla se obtiene monosacáridos: levulosa y dextrosa. Debido a la gran cantidad de azúcares, la miel es un producto resistente a la actividad microbiana nociva, pero a su vez, este nivel alto de azúcares, provoca que la miel sea altamente higroscópica, es decir absorbe

humedad del ambiente, causando fermentación y un cambio de sabor desagradable (Pesantes, 2007). La composición de la miel está determinado por varios factores: raza de las abejas, especies cosechadas, estado del suelo, estado fisiológico de la colonia, manipulación del personal, etc. (Asensio, De Liñan, & Cegarra, 2001). En la siguiente tabla se observa la composición media de la miel:

Tabla 1. Composición media de la miel.

Componente	Porcentaje
Azúcares reductores <i>Glucosa, levulosa.</i>	70%
Azúcares no reductores <i>Sacarosa, maltosa, isomaltosa, erlosa, melecitosa, kojibiosa, rafinosa, doxtrantiosa.</i>	5-10%
Ácidos <i>Glucónico, succínico, málico, oxálico, fórmico, butírico.</i>	0,3%
Proteínas y aminoácidos <i>Materias albuminoides, Materiales nitrogenadas: tripsina, leucina, histidina, alanina, glicina, metionanina, prolina, ácido aspártico.</i>	0,4%
Vitaminas <i>Tiamina (B1), rivo flavina (B2), piridoxina (B6), biotina (B8), ácido ascórbico (C), ácido pantoténico (B5), ácido fólico (B9), ácido nicotínico (B3).</i>	< 0,2%
Diastasas <i>Amilasa, invertasa, catalasa, glucosa oxidasa, enzimas acidificantes</i>	< 0,2%
Minerales <i>Calcio, magnesio, potasio, hierro, cobre, manganeso, boro, fósforo, silicio.</i>	0,2%
Otros <i>Esteres volátiles, acetilcolina, pigmentos, coloides, inhibina, polen.</i>	< 0,2%

Fuente: (Asensio, De Liñan, & Cegarra, 2001).

La composición química de la miel no es única, varía de una muestra a otra, pero como término medio se tiene:

Los componentes globales son el agua y la materia seca. El agua conforma el 17% de toda la miel, su límite legal es del 21%. La materia está formada por elementos mayores y menores. Los elementos mayores son: glucosa en un 31%, levulosa en un 38%, la maltosa en un 7,5% y sacarosa en un 1,5%; todo este grupo de azúcares conforma del 95 al 99% de materia seca. En el grupo de los elementos menores se tiene, ácidos orgánicos, ácidos aminados y proteínas, enzimas (Glucosa invertasa, glucosa oxidasa, amilasas y), vitaminas solubles en agua, inhibinas y otros factores antibióticos, así como carotenoides y flavonoides. Adicionalmente, la miel contiene granos de polen, partículas de cera, polvo y granos de almidón. Los granos de polen van desde 100 a 5000 por gramo de miel, esto permite poner de manifiesto el lugar de origen botánico y geográfico de la miel (Asensio, De Liñan, & Cegarra, 2001).

1.4.3 Propiedades terapéuticas de la miel

La miel presenta las siguientes propiedades terapéuticas:

- Germicida antiséptico: se debe a la concentración de azúcares y de ciertos ácidos orgánicos de su composición, como resultado se ha visto que es un cicatrizante óptimo, usado en quemaduras, heridas y grietas debido a que la miel tiene los nutrientes necesarios para la regeneración del tejido sano y provoca el crecimiento de los nuevos capilares sanguíneos. La miel posee condiciones de hipertonicidad que causan la muerte del agente bacteriano al producir la lisis de membrana celular o inhibiendo su crecimiento. Posee inhibina conocido como peróxido de hidrógeno que es agresivo para las bacterias. Esta propiedad contribuye a la actividad antibacteriana de la miel contra: *Corynebacterium diphtheriae*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus pyogenes*. A

diferencia de los antibióticos convencionales, la miel no induce a que las bacterias acumulen resistencia a los medicamentos (Merlo, 2014) (Cabrera, 2004).

- **Nutricional:** favorece la asimilación de calcio, activa la osificación, esto se lo diferencia del azúcar blanco, evitando el gasto de vitaminas y minerales para su metabolización. Proporciona un alto nivel de fósforo (Cabrera, 2004).
- **Laxante:** permite activar las funciones intestinales y a su vez ablanda las materias que se pueden encontrar resacas (Lezaeta, 2010).
- **Digestivo:** favorece a la digestión de los alimentos, ya que se encuentra pre digerido por abejas. Reduce la secreción de ácidos gástricos evitando la aparición de úlceras gástricas (Cabrera, 2004).
- **Físico:** es una gran fuente de energía, debido a los azúcares que posee (Tabla 1), y al encontrarse pre digeridos producen energía de manera casi espontánea. Es un suplemento de aminoácidos, sales minerales y microelementos, vitaminas (Merlo, 2014) (Asensio, De Liñan, & Cegarra, 2001).
- **Probiótico:** permite aumentar la flora bacteriana de forma natural, ayudando con las funciones digestivas e inmunológicas (Lezaeta, 2010).
- **Antiinflamatorio:** posee un bajo contenido flavonoides, cerca del 0,1%, pero con gran actividad biológica. Los flavonoides son sustancias farmacológicas activas que fortalecen a los vasos capilares, y disminuye las reacciones inflamatorias de los tejidos orgánicos (Cabrera, 2004).
- **Otros: cardiológico.** Disminuye la presión alta, aliviando las enfermedades del corazón y la arterioesclerosis. Disminuye el colesterol en un 20%, provocando la

curación de la esclerosis. Incrementa la cantidad de eritrocitos y trombocitos en un 20%, de esta manera ayuda a la provisión de oxígeno en las células de los tejidos orgánicos disminuyendo las hemorragias. Incrementa la actividad fagocítica de los leucocitos, aumentando la capacidad de defensa del sistema inmune (Cabrera, 2004).

- Los resultados encontrados por la *FASEB Journal*, permitieron aislar la proteína defensina-1 de la miel, que es parte del sistema inmunológico de las abejas y a ésta se le atribuye las propiedades antibacterianas de la miel (Merlo, 2014).
- Debido a la gran variedad de propiedades terapéuticas, se la ha considerado como antibiótico natural y debe estar presente en la dieta cotidiana del ser humano.

1.4.4 Parámetros de calidad de la miel

Varios autores proponen que los parámetros de calidad de la miel están dados por: índice refractométrico, acidez, índice de diastasa, contenido de HMF (hidroximetilfurfural), cenizas, conductividad eléctrica, azúcares. (Bogdanov, y otros, 2001). Sin embargo, se debe añadir el análisis de metales pesados y residuos de antibióticos (Rosero, 2014). A continuación se describen:

Índice refractométrico: es la medida que establece la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por la miel. Al cuantificar esta medida, el índice de refracción, informa acerca de la composición de la miel. A medida que la miel contiene mayor cantidad de materias secas el rayo luminoso se desviará en mayor medida, y por ende su valor de refracción será mayor. La graduación iluminada en escala indica el porcentaje de materia seca, si materia es 75, agua es 25 (Asensio, De Liñan, & Cegarra, 2001).

Acidez: es el grado de pH menor a 7 de una solución o sustancia. Es elevada en mieles fermentadas, la acidez libre debe alcanzar como máximo el valor de 40

miliequivalentes meq/Kg. Los valores promedio de pH normales para una miel se encuentran comprendidos entre 3,0 y 4,5 a causa de la presencia de ácidos orgánicos (Suescún & Vit, 2008).

Índice de diastasa: las diastasas o amilasas son proteínas enzimáticas añadidas por las abejas en el momento en que producen la miel. Tienen funciones hidrolíticas sobre los azúcares complejos transformándoles en azúcares simples. La actividad en su mayor magnitud, es en el momento de la extracción y decrece con el tiempo. Las altas temperaturas desestabilizan dichas enzimas hasta inactivarlas, el valor mínimo de índice de diastasa es de 8 (Sanz & Sanz, 1994).

Contenido de hidroximetilfurfural (HMF): el HMF es un aldehído unido a un furano cíclico que se origina espontáneamente a partir de fructosa en medio ácido (pH 3,9). Se estima que el incremento de HMF en mieles es de 1mg/kg por mes en climas suaves donde la temperatura máxima sea 30°C. Este proceso se ve acelerado por el calor, en almacenamiento de pocos días a 50°C tiene el mismo resultado que a 20°C en varios meses. Otro proceso adicional es la licuefacción o pasteurización de la miel (Sanz & Sanz, 1994).

El aumento del contenido de HMF y la disminución en la actividad diastasa son procesos paralelos a la degradación de proteínas, vitaminas y enzimas de la miel, también a la pérdida de calor y aroma por lo que se ha considerado como los mejores parámetros que indican la frescura de la miel, permiten evaluar las condiciones de procesado y almacenamiento. El valor de HMF no debe ser superior a 40 mg/Kg de miel (Sanz & Sanz, 1994).

Evaluación de antibióticos: los residuos de antibióticos en la miel se han convertido en una preocupación, algunas drogas o pastillas tienen la capacidad de producir reacciones tóxicas en los consumidores, mientras que otras drogas pueden

causar alergia o reacciones de hipersensibilidad. Los antibióticos lactámicos provocan erupciones cutáneas, dermatitis, síntomas gastrointestinales y la anafilaxia a dosis muy bajas. La exposición o consumo permanente de estos productos, pueden causar: daños microbiológicos, efectos reproductivos y teratogenicidad. Ciertos medicamentos como los nitrofuranos y nitroimidazoles pueden causar cáncer en los seres humanos. Del mismo modo, algunos medicamentos pueden producir efectos en la reproducción (Al-Waili, Salom, Al-Ghamdi, & Ansario, 2009).

Los residuos de antibióticos en la miel se deben a su uso en la apicultura para el tratamiento de enfermedades bacterianas de las abejas, la causa de su presencia es el ambiente y prácticas apícolas inapropiadas (Al-Waili, Salom, Al-Ghamdi, & Ansario, 2009).

Varios estudios demuestran la presencia de residuos, tales como la oxitetraciclina que se utiliza para tratar la enfermedad de la loque europea y americana causada por la larva *Paenibacillus larvae* y la bacteria *Streptococcus pluton*, sin embargo, debido a su uso generalizado, hay informes de resistencia a las tetraciclinas por estas bacterias y para contrarrestar su uso se aplicó otros antibióticos como la eritromicina, lincomicina, monensina, estreptomicina y enrofloxacina. Esta es la razón de evaluar la presencia de diferentes antibióticos en la miel, mediante el método de ELISA o por Biochips (Al-Waili, Salom, Al-Ghamdi, & Ansario, 2009).

La técnica de ELISA se fundamenta en el uso de antígenos o anticuerpos marcados con una enzima, de tal forma que los conjugados resultantes posean una actividad enzimática e inmunológica. Una vez que el antígeno o el anticuerpo se encuentren marcado con una enzima e insolubilizado sobre un soporte adsorbente la reacción anticuerpo-antígeno permanecerá inmóvil y por ende se puede observar claramente mediante la adición de un sustrato específico que al actuar con la enzima produce un color perceptible. Esta técnica permite observar los diferentes antibióticos: cloranfenicol,

flumequina, estreptomina, sulfametoxazol, sulfaquinoxalina, sulfadiazina, sulfametazina, quinolonas, betalactámicos: AOZ, AMOZ, AHD, SEM (Randox, 2013).

Pero actualmente existe una nueva técnica innovadora para analizar antibióticos, es por medio de biochips. Los biochips, son pequeños dispositivos, parecidos a los microchips de las computadoras, se componen de una placa de circuito fluorescente (Randox, 2013).

Posee varias matrices. Su parte esencial es la lámina delgada de cada matriz que posee diminutos orificios colocados de manera ordenada, cada una de ellas con diferente naturaleza genérica de los anticuerpos, permitiendo detectar hasta 50 antibióticos diferentes a partir de una única muestra. Reduce los costos de la mano de obra y mejora la productividad de la empresa (Randox, 2013).

Una de las empresas que ofrece este análisis es la empresa de Randox Food Diagnostics, en donde, un biochip tiene 3 matrices, cada uno con diferentes tipos de antibióticos. La matriz 1, tiene: sulfamerazina, sulfadoxina, sulfaoiridina, sulfametoxipiridazina, trimetoprima, sulfametizol, sulfamonometoxina, sulfametoxazol, sulfisoxazol y sulfaquinoxalina. La matriz 2, tiene: Tetraciclinas, quinolonas, tianfenicol, tilosina, estreptomina y ceftiofur. La matriz 3, tiene: AOZ, AMOZ, AHD, SEM, cloranfenicol, cloranfenicol glucuronida (Randox, 2013).

1.4.5 Situación de la apicultura en el Ecuador

La apicultura en el Ecuador no tiene avances tecnológicos debido al bajo nivel de protagonismo de los apicultores, falta de apoyo estatal y organización debilitada. Además han existido incendios forestales que acaban con grandes hectáreas de terreno disminuyendo el alimento de las abejas y por ende la cantidad de las mismas (Cabrera, 2004).

Esto ha generado la adulteración de la poca producción de miel en el mercado, incluyendo marcas con registros sanitarios que incluyen glucosa de maíz en su composición y la venden como miel de abeja, dando lugar a la falta de credibilidad en el Ecuador (Cabrera, 2004).

A pesar de ser el Ecuador un país desforestado, la mayor parte de colmenas ecuatorianas se encuentra en los Andes, las abejas aprovechan su floración del *Eucaliptus glóbulos*, y se lo realiza de manera trashumante en un 10%. El Ecuador tiene la capacidad de producir 1000 toneladas de miel al año por cada 20 hectáreas de bosque, eso es una virtud ecológica, ya que con la biodiversidad existente se puede producir mieles exóticas a nivel mundial (Andrade, 2009).

De acuerdo al Ministerio de Agricultura, Acuacultura y Pesca (MAGAP), la apicultura en el país se caracteriza por producir anualmente 35 Kg miel por colmena, siendo el número promedio de colmenas por apicultor 25, sus límites de producción anual son: 12 a 90 Kg, con 3,5 cosechas de promedio anuales. El principal problema de esta inestabilidad productiva, no existe un trabajo comunitario entre asociaciones, la gran mayoría trabaja de forma individual (Andrade, 2009).

En Pichincha, hay una asociación con más de 300 apicultores con un manejo de 30 a 600 colmenas, lo que demuestra que no hay una cantidad suficiente para cumplir con los requisitos de un buen negocio, lo mínimo que se requiere es 3000 colmenas. Otras asociaciones, como en Bolívar, Imbabura, Loja, el número de miembros no pasan de 30, su número de colmenas esta solamente entre 20 y 30. Una de las mejoras asociaciones que tiene el país es en Tungurahua, ahí existen pequeñas empresas funcionando con 500 colmenas (Andrade, 2009).

No se ha conocido que exista un óptimo Plan de trabajo que dé lugar al Desarrollo de la Apicultura Ecuatoriana, también han existido problemas de legalización de

directivas con el Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Pesca (Jaramillo, 2011). El consumidor siempre busca calidad en su producto sin conocerla, los consumidores y revendedores no conocen la diferencia entre cristalización de la miel con adulteración y ello ha causado desconfianza al pequeño apicultor quien no garantiza la pureza de la miel (Andrade, 2009).

El principal factor determinante de la calidad de la miel de abeja, es la actuación acertada o no del apicultor durante su manipulación. Esto a su vez tiene relación con la higiene, la manera de extraerla, la filtración y su proceso de maduración que contribuyen a obtener un producto translúcido, limpio y brillante sin aromas ni sabores raros, con todo su valor nutricional y con sus propiedades aplicadas de conservación. Esto se evidencia cuando existe un producto recalentado, recogido en sitios inapropiados, con impurezas de cualquier clase, cosechando antes del tiempo requerido de fermentación y deshidratación, siendo el resultado final una miel de calidad inferior (Suescún & Vit, 2008).

1.4.6 Metales pesados

Los metales pesados son aquellos cuya densidad es superior a $4,5 \text{ g/cm}^3$, como por ejemplo el cobre, plomo, cobalto, manganeso, mercurio, entre otros. Se los usa de manera directa en muchos procesos de producción de servicios y bienes (Soto, 2009).

Metales tóxicos son aquellos que en concentraciones pequeñas y liberadas al medio ambiente pueden causar daños en la salud de la personas. Sin embargo, algunos metales son indispensables para el ser humano en bajas concentraciones, ya que forman parte de los sistemas enzimáticos, como cobalto, molibdeno y zinc o también como el hierro que forma parte de la hemoglobina (Soto, 2009).

Son componentes naturales de la corteza terrestre y no pueden ser degradados. Se pueden bioacumular, lo que significa que son peligrosos. A diferencia de otros agentes contaminantes, como los hidrocarburos y los desechos sólidos cuya contaminación se puede visualizar, los metales traza no son visibles y se puede acumularse hasta que alcancen niveles tóxicos sin que nos demos cuenta (Soto, 2009).

La contaminación por metales pesados puede darse básicamente por la extracción y refinamiento minero o a su vez por la liberación al medio ambiente por efluentes industriales, así como también el manejo inoportuno de los desechos metálicos, los cuales se combinan con otros compartimentos ambientales como el agua superficial, biota, sedimentos (Garzón, 2006).

Los metales pesados son transportados por el viento hacia la atmósfera por medio de varios ciclos, pero estos ciclos han sido modificados debido al actual ritmo de trabajo del hombre y las técnicas poco controladas de metales pesados, lo que ha causado que la dispersión de los mismos sea marcada en el ambiente, esto se ha visto reflejado en el apareamiento de nuevas enfermedades respiratorias ocasionadas por la inhalación de estos metales. Es por ello que el estudio de los metales pesados se ha convertido en un tema de actualidad tanto en el campo ambiental como en el de salud pública (Soto, 2009).

Por medio de estudios realizados en el instituto de biología molecular y celular de Varsovia en Polonia, se ha determinado una relación directa entre la gravedad de los síntomas de pacientes asmáticos y el nivel de los metales existentes en el material particulado, es por ellos que los pacientes asmáticos son muy susceptibles a la contaminación ambiental. En este caso los metales actúan como antígenos hacia algunas células especialmente a los mastocitos, aumentando la activación de éstos el cual es proceso típico de ataques asmáticos (Soto, 2009).

En Ecuador no existen estudios realizados acerca de la miel como indicador ambiental. Un estudio realizado en Hungría en 1993, con muestras tomadas en dos zonas del país, una en una zona agrícola no contaminada y otra en una zona industrial contaminada, se determinó los diferentes metales pesados en las muestras de miel, se encontraron que los más comunes son: Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb) y Zinc (Zn), entre otros, se describen a continuación (Fernández, Muñoz, & Ortis, 1994):

- **Cadmio:**

Es un elemento químico blanco azulado, maleable y dúctil; en la naturaleza se lo encuentra asociado al zinc. Es divalente en todos sus compuestos estables y su ión es incoloro (Soto, 2009).

Se encuentra distribuido en todo el planeta en una concentración de 0,15 a 0,2 ppm. En el aire se lo encuentra como óxido de cadmio. Se utiliza principalmente en la industria y minería. En el Ecuador las principales fuentes de contaminación son: aleaciones, baterías, pilas, galvanización, pigmentos y estabilizadores en plástico y PVC, pigmentos en pinturas, catalizadores y conservadores en la industria de plástico. La principal fuente es la zona minera localizada en los ríos Calera y Amarillo en Zaruma/Portovelo (Garzón, 2006).

Efectos del cadmio en el hombre

La deposición a largo plazo causa daños renales. Las industrias liberan este metal a la atmósfera, de esta manera afecta a las personas que viven cerca, pero más afectados son las personas que están expuestas a la inhalación permanente del metal provocando daños severos a los pulmones o a largo plazo padecer de disfunciones renales. El cadmio en un inicio es transportado hacia el hígado por la sangre, allí se une para formar proteínas y posteriormente es transportado hacia los riñones para formar complejos. Esto

causa un daño en el mecanismo de filtración del riñón, y esto a su vez causa la excreción de proteínas esenciales y azúcares del cuerpo y el consecuente daño de los riñones (Soto, 2009).

Otros efectos que pueden causar en la salud del hombre son (Soto, 2009):

- Diarreas, dolor de estómago y vómitos severos.
- Efisemias pulmonares
- Cálculos renales
- Fractura de huesos
- Daño severo del sistema nervioso central
- Daño al sistema inmune
- Posible daño en el DNA o desarrollo de cáncer.

- **Plomo**

Es un metal gris y blanco, se encuentra distribuido por toda la corteza terrestre mayoritariamente como galena (sulfuro de plomo). Generalmente se encuentra asociado con otros metales como plata, cobre, cinc, hierro y antimonio (Soto, 2009).

Las principales fuentes de contaminación, específicamente en el Ecuador son: fundición de metales (placas de baterías y residuos de plomo), cerámica vidriada, fabricación de pinturas, industria electrónica y de cómputo, cristal, plásticos y pilas (Garzón, 2006).

Las aguas naturales contienen únicamente trazas de plomo, su fuente son las tuberías y las uniones de plomo. El agua ácida y ligera puede liberar grandes cantidades de plomo de las tuberías, principalmente en lugares o tanques donde el agua pasa gran tiempo en reposo. (Saldívar, Tovar, & Namihira).

También se lo usa en aleaciones, planchas o tubos de resistencia, insecticidas, revestimiento de cables, componentes de soldadura y empaste de vehículos (Nordberg, 2001).

Efectos del plomo en el hombre

El plomo se puede insertar en el organismo por medio del sistema digestivo y respiratorio y en ocasiones a través de la piel. Se puede difundir en la sangre, los tejidos blandos, y mayoritariamente en los huesos. El hueso es el lugar preferente de acumulación, en sustitución del calcio; en un inicio no causa ningún daño a la salud, pero si es a largo plazo, causa debilitamiento del sistema óseo y afecta a las articulaciones (Soto, 2009).

El plomo es uno de los metales más riesgosos para la salud debido a sus efectos acumulativos y permanentes sobre el desarrollo neurológico de los niños, las consecuencias del plomo se multiplican cuando incrementa su concentración en la sangre, dando lugar a daños en su desarrollo cognoscitivo y físico e incluso puede causar la muerte (Soto, 2009).

El efecto que puede tener en la salud el plomo presente en el aire que se respira, depende de la concentración presente del mismo y del tiempo a que se esté expuesto a este aire contaminado. Algunos de los principales efectos se dan en el sistema nervioso y renal. La enfermedad a la que conduce la acumulación de este elemento en el ser humano se conoce como saturnismo (Soto, 2009).

Otras afecciones que puede causar la presencia de plomo en nuestro organismo son (Soto, 2009):

- Interferencias en síntesis de la hemoglobina
- Afecciones al sistema nervioso central
- Problemas en el riñón, bazo e hígado.

La población más sensible a la exposición del plomo en el ambiente es la infantil y la tercera edad, ya que ellos son más vulnerables a sus efectos (Soto, 2009).

- **Zinc**

Es un metal de color blanco azulado, se lo encuentra en la naturaleza asociado a otros metales, su estado más común es como blenda (sulfuro de zinc) (Soto, 2009).

Es un elemento esencial para el desarrollo del ser humano, su deficiencia en la dieta nutritiva retarda el crecimiento y causa anemia (Soto, 2009). Es componente de las metaloenzimas que participan en el metabolismo de ácidos nucleicos y en la síntesis de proteínas (Nordberg, 2001).

Entre las aplicaciones más importantes tenemos: aleaciones, protector de otros metales contra la corrosión, en la fabricación de pinturas, lacas y barnices, como carga en plásticos y cauchos, en la fabricación de vidrios y ruedas de vehículos, como coadyudante pesticidas y fungicidas, como conservante de pieles y maderas, en la industria de fármacos y cosméticos, en la metalurgia y como semiconductor electrónico (Nordberg, 2001).

Su presencia a igual que el plomo ha sido detectada principalmente en partículas inhalables finas con $dp < 1\mu\text{m}$, relacionadas con procesos a temperaturas altas; entre éstos se encuentran los asociados con el transporte vehicular, como por ejemplo la quema de combustibles fósiles, desgaste de neumáticos y motores (Machado, y otros, 2008).

Efectos del zinc en el hombre

El zinc, como se mencionó anteriormente, es un elemento esencial para la salud humana, sin embargo cuando se encuentra en concentraciones elevadas puede causar daños a la salud como pérdida de apetito, pequeñas llagas y erupciones cutáneas, úlceras de estómago, vómitos, náuseas, daños en el páncreas y arterioesclerosis (Soto, 2009).

Las sales de zinc son irritantes para el tracto intestinal y su concentración varía entre 675 y 2280 ppm en solución acuosa. El cloruro de zinc produce úlceras cutáneas. (Nordberg, 2001).

El fosfuro de zinc, que funciona como rodenticida, es tóxico para el hombre tanto por vía oral, nasal o inyectada y junto al cloruro de zinc, es la más peligrosa de las sales de zinc. La presencia de cromato de zinc, en las pinturas de imprimación usadas por carroceros de automóviles, hojalateros y los fabricantes de muebles metálicos, se ha relacionado con la aparición de úlceras nasales y dermatitis (Nordberg, 2001).

El polvo de óxido de zinc tiene la capacidad de bloquear los poros y conductos de las glándulas sebáceas, también puede provocar un eczema papular o pustuloso en los trabajadores encargados de envasado de este compuesto (Nordberg, 2001).

Si se expone por largo tiempo al clorato de zinc puede producir afecciones respiratorias. En el ámbito laboral, cuando se inhala zinc por periodos prolongados causan la enfermedad conocida como “gripe del metal” (Soto, 2009).

- **Arsénico**

Es un metaloide de color gris metálico, se encuentra muy difundido por toda la corteza terrestre, se la puede encontrar combinado con otros metales o en la superficie de rocas naturales procedente de volcanes o por la erosión de depósitos minerales. Su principal mineral es la arsenopirita (FeAsS) (Soto, 2009).

Entre las aplicaciones más importantes tenemos: como conservante de maderas y cuero, mordiente textil, reactivo para la flotación de minerales y para la decoloración y refinamiento de vidrio, como insecticida, plaguicida y herbicida, agente de secado en la industria textil, en la fabricación de material pirotécnico y de semiconductores, en procesos de fundición y refinación de metales no ferrosos (plomo, zinc y cobre) (Nordberg, 2001).

Efectos del arsénico en el hombre:

El arsénico es uno de los elementos más tóxicos para el hombre. Los compuestos de arsénico orgánicos tienen menos efectos que los inorgánicos, aunque si llegan a concentraciones elevadas pueden tener los mismos efectos que el arsénico inorgánico. El hombre puede estar expuesto a través de la comida, el agua y aire. También se puede estar expuesto por medio del contacto con la piel con agua o suelo contaminados con arsénico (Soto, 2009).

Cuando se respira altos niveles de arsénico inorgánico puede causar dolor de garganta o irritar los pulmones, mientras que si se ingiere puede causar la muerte. La ingestión de niveles bajos de arsénico inorgánico puede causar vómitos y náuseas, irritación del estómago e intestinos, reducción de la producción de glóbulos rojos y blancos (Soto, 2009).

Exponerse a concentraciones altas de arsénico puede causar infertilidad y abortos en mujeres gestantes, daños cerebrales en el hombre, perturbaciones cardíacas, alteraciones genéticas y daños en el sistema inmunológico (Soto, 2009).

Al arsénico, cuando se lo ingesta en altas concentraciones, se lo ha relacionado con enfermedades terminales como cáncer del pulmón, hígado y piel (Soto, 2009).

En este proyecto se analizará los siguientes metales: plomo, cadmio, arsénico y zinc debido a que son los más peligrosos para la salud del hombre.

1.4.7 Contaminación del aire

La contaminación del aire se define como la presencia de sustancias en la atmósfera en una cantidad excesiva o que implique riesgo para la salud de las personas, así como también para el resto de los seres vivos y la naturaleza; además puede afectar a diferentes materiales, pueden reducir la visibilidad o causar olores desagradables. (Semmartin, 2013).

Los principales tipos de contaminación del aire son (Semmartin, 2013):

- **Contaminantes gaseosos:** Conforman una combinación desigual de vapores y contaminantes gaseosos del aire que se encuentran en ambientes internos y exteriores. La contaminación interna es producida por ciertos materiales de construcción, el humo de tabaco, productos de limpieza, entre otros. La contaminación externa proviene de industrias, volcanes e incendios. Los contaminantes gaseosos con más frecuencia en el aire son el dióxido de carbono, monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono. El tipo más común reconocido de la contaminación del aire es el smog. La principal fuente de estos contaminantes son los combustibles fósiles.

- El efecto invernadero: Evita que el calor solar de la tierra se transfiera al espacio, provocando calentamiento de la superficie de la tierra con lo cual se produce el efecto invernadero. Muchos gases, provenientes de la quema de combustibles fósiles, crean una capa bastante densa que impide el escape del calor, produciendo así el calentamiento global. Otros gases que contribuyen al problema son los clorofluorocarbonos (CFC), metano, óxidos nitrosos y el ozono.
- Lluvia ácida: Las fábricas, centrales termoeléctricas y automotores, que queman el carbón u aceite, emiten óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre; la lluvia ácida se forma cuando esos gases interactúan con la humedad del aire, el resultado es la formación de ácido sulfúrico y ácidos nítricos. Finalmente, estas sustancias químicas precipitan a la tierra en forma de lluvia ácida. La lluvia puede trasladar grandes distancias a estos compuestos, mientras que los vientos pueden trasladar miles de millas antes de precipitarse en forma de llovizna, rocío, niebla o lluvia.
- Material particulado: Es la combinación de partículas sólidas y gotitas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas son suficientemente grandes que se puede observar en forma de hollín mientras que otras son tan pequeñas que solo se puede observar con el microscopio electrónico. Cuando se respira materia particulado, ésta puede irritar y dañar los pulmones lo cual causa problemas respiratorios. Las partículas pequeñas se inhalan más fácilmente llegando a la profundidad de los pulmones donde puede absorberse en torrente sanguíneo o permanecer arraigadas por periodos prolongados de tiempo.
- El daño a la capa de ozono: El ozono es una capa delgada de oxígeno triplicada, se encuentra en la atmósfera superior a la Tierra. Su función es proteger los rayos ultravioletas UV antes que lleguen a la superficie terrestre, con lo cual se hace posible la vida. El daño es producido principalmente por el uso de

clorofluorocarbonos (CFC). A medida que progresa el daño de la capa de ozono, su espesor disminuye de tamaño, lo cual produce daño a la vida de los seres vivos.

1.4.8 Contaminación del aire en el Distrito Metropolitano de Quito

Uno de los principales problemas del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) es la contaminación del aire (Soto, 2009).

La ciudad de Quito tiene una complicada topografía y altura, lo que provoca que los vehículos hagan mayor esfuerzo para vencer las pronunciadas cuestas. Las principales fuentes de emisión en Quito son los vehículos livianos y pesados aportando con un 80% a la contaminación total del aire, seguido por las fuentes fijas, entre ellas tenemos a las industrias, centrales termoeléctricas y por fuente de área, como canteras y vegetación (Soto, 2009).

La contaminación atmosférica en Quito se localiza en las zonas de alta densidad demográfica o industrial. Las emisiones anuales de material particulado y monóxido de carbono (CO) se producen en su mayoría del parque automotor debido a que los vehículos a gasolina son los principales productores de CO (Soto, 2009).

Una de las consecuencias notables del acelerado crecimiento urbano en Quito, es obviamente el deterioro de su ambiente, el mismo que ha sido causado por el uso irracional de recursos naturales. Además el crecimiento poblacional y comercial de la ciudad, ha proporcionado y promovido la multiplicación del parque automotor, lo que ha significado un serio problema para el medio ambiente de la ciudad puesto que las emisiones vehiculares constituyen una las principales fuentes contaminantes del aire en DMQ (Soto, 2009).

A la Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito (CORPAIRE), como institución, le concierne gestionar la calidad del aire en el DMQ. Uno de los proyectos

constantes de esta institución es el monitoreo, con énfasis en aquellos parámetros que han sido como los más prioritarios para la ciudad, entre ellos la medición y cuantificación de metales pesados (Soto, 2009).

CORPIARE, como institución municipal mantiene al día los datos de la calidad del aire cada dos días, tanto crudos, como índices del Índice Quiteño de Calidad del Aire (IQCA), registrada en cada estación automática. Se publican informes semanales del aire de Quito (Soto, 2009).

Las mayores concentraciones de material particulado PM10 se dan en zonas donde existe mayor velocidad promedio de vientos durante el periodo de tiempo de la época monitoreada. Esto indica que en gran parte el material particulado se origina del polvo mineral por erosión del suelo o desgaste de construcciones (Soto, 2009). Según la caracterización de la composición química del aire en el año 2005, se verificó que está establecido como se muestra en la siguiente imagen:

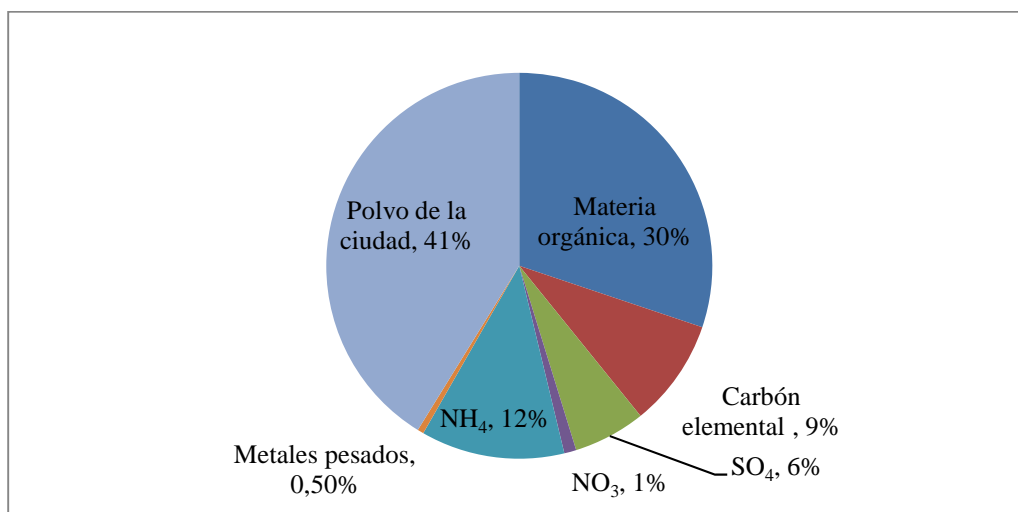


Figura 1. Caracterización de la composición química del aire en el año 2005 en DMQ.
Fuente: (Soto, 2009).

Los resultados sugieren que existe efecto contra la salud de los habitantes y trabajadores en el sector de las canteras al norte del DMQ. De igual manera de

comprueba que la mayor cantidad de material particulado se da en lugares de alto tráfico vehicular (Soto, 2009).

La Red de Monitoreo de la Calidad del aire, es un sistema de monitoreo ambiental continuo, con transmisión de datos de vía telefónica fija y móvil. Cuenta con estaciones de medición con disponibilidad de datos meteorológicos y de contaminación del aire (Soto, 2009).

“CORPAIRE cuenta con ocho muestreadores de alto volumen para material particulado PM10 ubicados en las estaciones automáticas de monitoreo. Adicionalmente posee seis muestreadores automáticos para el material particulado suspendido menor a 2,5 μm , PM2.5. Estos aparatos usan radiación beta para la cuantificación y reportan resultados cada 10 minutos durante 24 horas, durante todos los días del año. El equipo BETA determina continuamente la concentración de partículas depositadas en un filtro, por medio de la absorción de un haz de radiación beta. Al no ser un método gravimétrico, se evita grandes interferencias, pues al pesar cantidades tan pequeñas se pueden cometer grandes errores” (Soto, 2009).

1.5.1 La abeja y sus productos como indicadores ambientales

El monitoreo ambiental exige técnicas cada vez más costosas y complicadas, por ello resulta importante abrir una o varias técnicas sencillas y con grandes representaciones como es el estudio de la miel de abeja y su comportamiento en los lugares de producción. El biomonitoreo tiene una gran ventaja: la bioamplificación, que es la concentración elevada de un elemento químico en los tejidos de un organismo que está en la cima de una pirámide alimenticia; esto se relaciona con la concentración de contaminantes en la abeja (Gorza & Gallez, 2007).

Los contaminantes provienen del consumo de la miel y del polen, que se forma a partir del néctar de las plantas. A su vez el néctar se produce por medio de la sabia del floema, transporta contaminantes que las plantas absorben del suelo. Adicionalmente a eso, la miel posee enzimas secretadas a partir de las glándulas hipofaríngeas y mandibulares de la propia abeja (Gorza & Gallez, 2007).

La abeja es un detector ambiental, es un organismo casi ubicuo, su cuerpo está cubierto de pelos, esto permite capturar sustancias que entran en contacto con ellos; es sensible a productos tóxicos y recorren todos los sectores ambientales: suelo, aire y agua; además, en las colmenas, almacenan gran cantidad de productos sobre las que se puede realizar análisis (Gorza & Gallez, 2007).

La actividad total diaria de las abejas depende de las condiciones meteorológicas. Las abejas son capaces de alimentarse en un rango de 30°C de temperatura del aire en gran medida debido a que tienen mecanismos de comportamiento y fisiológicos para regular la temperatura de sus músculos de vuelo, pero la temperatura de vuelo óptima es de 20-25°C. A temperaturas de 7-10°C, las abejas se vuelven inmóviles debido al frío, y por encima de 38°C la actividad de las abejas se ralentiza debido al calor (Perugini, Manera, Grotta, Amorena, Abete, & Tarasco, 2011).

El biomonitoreo es una herramienta única, que a diferencia de los sistemas mecánicos de monitoreo ambiental, permiten integrar en el tiempo el flujo de contaminantes que se ven expuestos los organismos, en el caso de la abeja *Apis mellifera*, se ve reflejado no solo en la acumulación de contaminantes sino también en los productos de la colmena: miel, cera, polen y propóleos. Es una innovación que permite medir contaminantes a lo largo de un periodo, los métodos actuales indican la contaminación puntual en el instante de la medición (Gorza & Gallez, 2007).

Es habitual que los apicultores coloquen sus colmenas en zonas próximas a los cultivos de algodón, girasol, alfalfa, etc., lo que provoca que las abejas sean capaces de contaminarse con los agroquímicos que se utilizan en dichos cultivos; los productores recolectan sus producciones en tambores los que poseen costuras de plomo (Montenegro, Bianchi, & Avallone, 2000).

Existen numerosos trabajos que hacen mención a la miel de abeja como un potencial indicador de contaminación ambiental por metales o como indicador de prospecciones minerales. En EEUU, en el año 1975, se analizó 19 muestras de miel producidas en áreas de elevada contaminación (tráfico rodado y plantas industriales), el resultado fue que las muestras cercanas a las carreteras tenían elevada concentración de Aluminio (Al), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Silicio (Si). La principal causa fue la emisión de gases por parte de vehículos circundantes y de una fábrica de cemento. En otro estudio realizado en Berlín (1986), se analizaron 26000 colonias de abejas originadas del medio urbano en el este de Berlín. La concentración media de plomo en la miel fue de 0,18 ppm (Fernández, Muñoz, & Ortiz, 1994).

En el año de 1990, se evaluó la utilidad de la miel como indicador ambiental de la contaminación por plomo a causa del tráfico rodado. De 62 muestras de miel analizadas durante tres años, se evidenció las diferencias según el origen: la miel de origen floral tenían menor cantidad de plomo que la miel de mielato. Esta situación se atribuyó a que la miel de mielato tiene una mayor superficie de contacto con la atmósfera y un periodo de recolección más largo, concluyendo que la miel de abeja es un excelente bioindicador, bastante adecuado y cuyo costo es reducido (Fernández, Muñoz, & Ortiz, 1994).

1.4.10 Otras investigaciones del uso de la miel como indicador ambiental

En la ciudad de Baia Mare, Rumania, realizaron un estudio para relacionar el contenido de metales pesados en muestras de miel expuestas a la contaminación ambiental de actividades industriales. Se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica a cuatro metales: cobre, zinc, cadmio y plomo. Las concentraciones de metales pesados se compararon entre el aire, polvo y suelo. Los resultados indicaron una buena correlación entre el contenido de metales en la miel y el aire y el polvo, y un poco menos relevante la correlación con el contenido de metales en el suelo (Berinde & Michnea, 2013).

En Italia se estudió la contaminación de metales pesados: mercurio, plomo, cadmio y cromo en miel de abeja. El estudio se lo realizó en áreas urbanas y naturales. El experimento se llevó a cabo usando 24 colonias de abejas criadas en colmenas dislocados ya sea dentro de las zonas urbanas o en áreas amplias de campo. Los metales fueron analizados en las abejas forrajeras durante toda la época de verano y primavera. Los resultados muestran que ninguna estación contuvo mercurio, pero si plomo, cromo y cadmio en diferentes concentraciones. Los resultados estadísticas mostraron diferencias significativas entre estaciones localizadas en áreas urbanas y naturales. La estación más contaminada resultó ser en el área de Ciampino (Roma), área que se encuentra cercano al aeropuerto. Las abejas forrajeras resultaron ser un buen indicador ambiental que detecta rápidamente la alteración química del ambiente, esto se verificó por la alta mortalidad y por la presencia de contaminantes en sus cuerpos y por productos producidos por ellas mismas (Perugini, Manera, Grotta, Abete, Tarasco, & Amorena, 2011).

Otro estudio realizado en Copsa Mica (región de Sibiu), se analizó plomo, cadmio y zinc provenientes de una fábrica (llamada SC Sometra SA.) dedicada a la actividad de metalurgia no ferrosa. La cantidad de plomo, cadmio y zinc contenidas en las muestras

de miel se determinó por espectrofotometría de absorción atómica, como resultado se sugirió que la miel puede ser usada como detectora de agentes contaminantes provenientes del medio ambiente (Bratu & Georgescu, 2005).

De igual manera, la miel de abeja tiene su aplicación para ser usado como indicador de pesticidas. Los residuos de pesticidas pueden provenir de la contaminación ambiental o de tratamientos de las colonias de las abejas con fármacos, o de residuos de tratamientos fitosanitarios. En Italia, en el año 1975, 29 muestras de miel fueron evaluadas para determinar el contenido de 12 plaguicidas, 10 de ellas clorados y 2 fosforados. Los resultados medios obtenidos fueron: 0.0041 mg/L de DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano) total, 0.0017 mg/L de p,p'DDD (p,p'-Dicloro Difenil Dicloroetano) y en cantidades menores de 0,0005 mg/L el lindano, BHC (hexacloro ciclo hexano), p,p'DDE (p,p'-Dicloro Difenil Dicloroetileno) (Fernández, Muñoz, & Ortiz, 1994).

1.4.11 Principios de espectrofotometría de absorción atómica

Es un método de química analítica en donde la muestra es aspirada y atomizada por medio de una llama; a través de un monocromador se emite un rayo de luz por medio de la llama y sobre un detector se mide la cantidad de luz absorbida (Uribe, Montoya, & Gómez, 2001).

La ley fundamental que rige la fotometría de absorción se denomina ley de Beer. Para toda radiación monocromática, la absorbancia **A** es directamente proporcional al camino óptico *b* a través del medio y la concentración *C* de la especie absorbente. Estas relaciones están determinadas por (Uribe, Montoya, & Gómez, 2001):

$$\mathbf{A} = abC$$

Donde a es la constante de absorptividad, la cual dependerá de las unidades usadas para b y C . Con frecuencia para disoluciones de una especie absorbente, b se da en centímetros y C en gramos por litro (Uribe, Montoya, & Gómez, 2001).

Esquemáticamente, se muestra a continuación las partes de un espectrofotómetro de absorción atómica.

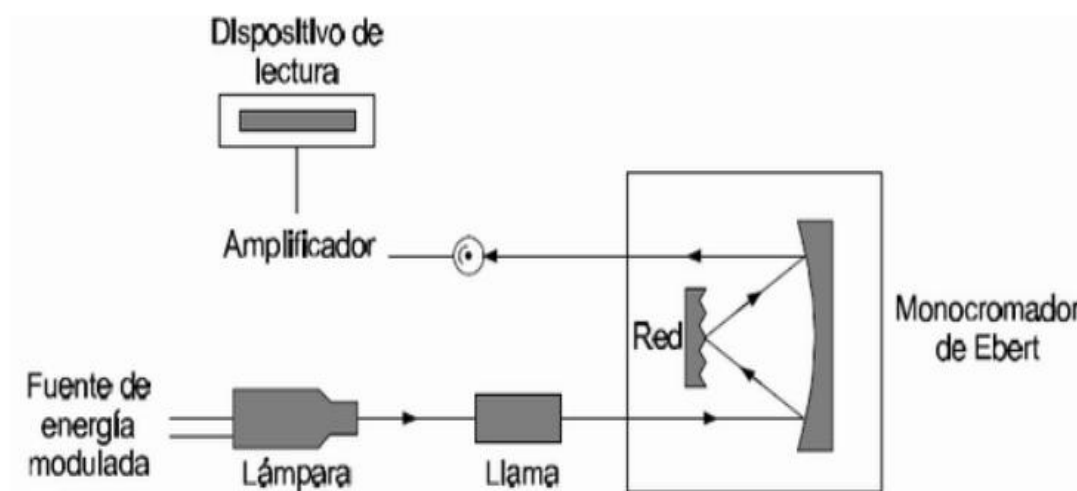


Figura 2. Esquema general de un espectrofotómetro de absorción atómica.
Fuente: (Uribe, Montoya, & Gómez, 2001).

El átomo se mantiene en su estado más estable denominado estado fundamental donde su contenido energético es el menor. Cuando el átomo se encuentra en ese estado absorbe una determinada energía, experimentando una transición hacia un estado particular de mayor energía. Como ese estado es inestable, el átomo regresa a su configuración inicial, emitiendo radiación de una frecuencia determinada. La frecuencia de la energía radiante emitida pertenece a la diferencia de energía entre el estado excitado (E_1) y el estado fundamental (E_0) como se la encuentra en la ecuación de Planck (Razmilic, 2012):

$$E = E_1 - E_0 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Donde,

- h es la constante de Planck
- ν es la frecuencia
- c es la velocidad de la luz
- λ es la longitud de onda

Según la teoría atómica, el átomo puede alcanzar diferentes estados (E_1, E_2, E_3, \dots) y cada uno de esos estados emitir una radiación ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$) adquiriéndose así un espectro atómico, caracterizado por presentar un gran número de líneas discretas. En absorción atómica es notable solamente aquella longitud de onda correspondiente a una transición entre el estado fundamental de un átomo y el primer estado excitado y se conoce como longitud de onda de resonancia (Razmilic, 2012).

La fuente radiante más común es generalmente la lámpara de cátodo hueco, que se basa en un cilindro relleno con gas inserte en dentro del cual posee un cátodo y un ánodo. Al aplicar un cierto potencial por medio de los electrodos esta fuente emite el espectro atómico del metal del cual está construido el cátodo (Razmilic, 2012).

En la EAA se usan atomizadores con y sin llama para producir átomos libres del metal en el haz de la radiación. El atomizador con llama está formado de un nebulizador y un quemador. La solución de la muestra es transformada primero a un fino aerosol, y posteriormente es llevada a la llama que entrega la energía necesaria para evaporar el solvente y descomponer los compuestos químicos resultantes en átomos libres en su estado fundamental. Las mezclas de gases más usados para producir la llama adecuada son: aire/propano, aire/acetileno y óxido nitroso/acetileno (Razmilic, 2012).

En los atomizadores con horno de grafito el vapor atómico se da en un tubo de grafito calentado eléctricamente, en cuyo interior se ubica la muestra. Estos atomizadores presentan diversas ventajas, como un nivel alto de eficiencia en generar vapor atómico, permite el empleo de pequeños volúmenes de muestra y análisis directo de muestras sólidas (Razmilic, 2012).

Como detector, se utiliza un fotomultiplicador que origina una corriente eléctrica, la cual es proporcional a la intensidad de la línea aislada por el monocromador. Un amplificador selectivo amplifica la señal pasando luego a un dispositivo de lectura que puede ser un registrador o voltímetro digital u otros (Razmilic, 2012).

1.5 Hipótesis

Existe diferencia significativa de la concentración de metales pesados en la miel de abeja entre las zonas contaminadas (urbanas) y no contaminadas (rurales) de la provincia de Pichincha.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del lugar de investigación

- **Provincia:** Pichincha
- **Cantones:** Quito, Mejía
- **Parroquias de Quito:** Chillogallo, Llano Chico, Ferroviaria y Cumbayá
- **Parroquias de Mejía:** El Chaupi y Aloasí

2.2 Ubicación Geográfica de los centros apícolas a muestrear (Rosero, 2014)

El Dr. Hugo Rosero, responsable del programa de sanidad apícola en el Ecuador de Agrocalidad, posee la información de propietarios de apicultores en todo el país, quien sugirió escoger los apiarios que se encuentran en la zona urbana y del mismo modo en la zona rural, las cuales se describen a continuación:

➤ Ubicación Geográfica del centro apícola de Chillogallo

- **Nombre del propietario:** Julio Aguilar
- **Zona:** Urbana
- **Numero de colmenas:** 20
- **Longitud:** 78°32'58.15"O
- **Latitud:** 0°16'30.34"S
- **Altitud:** 2894 metros sobre el nivel del mar

➤ Ubicación Geográfica del centro apícola de Ferroviaria

- **Nombre del propietario:** Alberto Munive
- **Zona:** Urbana
- **Numero de colmenas:** 19

- **Longitud:** 78°30'56.14"O
 - **Latitud:** 0°15'20.26"S
 - **Altitud:** 2829 metros sobre el nivel del mar
- **Ubicación Geográfica del centro apícola de Cumbayá**
- **Nombre del propietario:** Alberto Munive
 - **Zona:** Urbana
 - **Numero de colmenas:** 27
 - **Longitud:** 78°25'50.36"O
 - **Latitud:** 0°11'25.99"S
 - **Altitud:** 2402 metros sobre el nivel del mar
- **Ubicación Geográfica del centro apícola de Llano Chico**
- **Nombre del propietario:** Ángel Acero
 - **Zona:** Rural
 - **Numero de colmenas:** 10
 - **Longitud:** 78°25'32.89"O
 - **Latitud:** 0° 8'18.68"S
 - **Altitud:** 2539 metros sobre el nivel del mar
- **Ubicación Geográfica del centro apícola de El Chaupi**
- **Nombre de la propietaria:** Fernanda Bosques
 - **Zona:** Rural
 - **Numero de colmenas:** 64
 - **Longitud:** 78°36'6.06"O
 - **Latitud:** 0°34'5.37"S
 - **Altitud:** 3230 metros sobre el nivel del mar

➤ **Ubicación Geográfica del centro apícola de Aloasí**

- **Nombre de la propietaria:** Augusto Clavijo
- **Zona:** Rural
- **Numero de colmenas:** 12
- **Longitud:** 78°35'42.80"O
- **Latitud:** 0°31'1.50"S
- **Altitud:** 3150 metros sobre el nivel del mar

En la siguiente figura se puede observar la ubicación geográfica los de apiarios.



Figura 3. Ubicación geográfica de los centros apícolas.

Fuente: (Condor, 2015)

2.3. Cronograma de muestreo

En la siguiente tabla se muestran las fechas de muestreo de miel de cada parroquia.

Tabla 2. Cronograma de muestreo.

Nombre de la parroquia	Fecha de muestreo
Chillogallo	16-03-2015
Ferroviana	16-03-2015
Cumbayá	16-03-2015
Llano Chico	15-03-2015
El Chaupi	14-03-2015
Aloasí	14-03-2015

2.4 Recolección de las muestras de miel

2.4.1 Materiales

- Frascos de vidrio estériles
- Equipo de trabajo de apicultura
- Marcador permanente
- GPS marcan Gramin
- Cámara fotográfica Sony DSC-J10

2.4.2 Procedimiento

- Se inspeccionó geográficamente cada centro apícola.
- Al propietario de cada apiario, se le solicitó la miel almacenada de su último cultivo.
- Se homogenizó la miel en el tanque de almacenamiento y se recogió mínimo 50g de miel.
- La miel se guardó y transportó en frascos estériles de vidrio.
- Cada muestra se registró con fecha y sector.

El tema propuesto del presente proyecto fue propuesto por AGROCALIDAD, sin embargo, AGROCALIDAD no ha conseguido aún un laboratorio exclusivo para análisis de la miel de abeja, está en proceso, debido a ello, las muestras se llevaron al laboratorio **LABOLAB** (Análisis de Alimentos, Aguas y Afines) para su análisis. El laboratorio se ubica en el edificio Bonifaz - Oficina 12B - Segundo Piso ubicado en la Av. Versalles y Av. Pérez Guerrero.

2.5 Métodos de análisis químico de las muestras de miel

En la siguiente tabla se muestran los métodos de análisis químicos que se realizaron en las muestras en el laboratorio.

Tabla 3. Métodos de análisis química de la miel.

PARÁMETRO	MÉTODO
Humedad	INEN 1632
Azúcares reductores	Fehling
Acidez total	INEN 1634
Índice de hidroximetilfurfural HMF	INEN 1637
Índice de diastasa	INEN 1638
Antibióticos	Según el kit de ELISA
Metales pesados (Pb, Cd, As, Zn)	Espectrofotometría de absorción atómica EAA

Fuente: Laboratorio privado LABOLAB, 2015.

A continuación se describen los métodos:

2.5.1 Descripción del método de humedad

Para determinar la humedad, se usó el método INEN 1632, el cual se basa en la determinación del índice de refracción de la miel de abejas a 20°C y mediante la lectura en la tabla 7 (Anexos), se determinó el contenido de humedad.

2.5.2 Descripción del método de azúcares reductores

Para determinar los azúcares reductores, se usó el método INEN 1633, el cual se basa en el reactivo de Fehling que se fundamenta en el poder reductor del grupo

carbonilo de los aldehídos. Éste se oxida a ácido y reduce la sal de cobre en medio alcalino a óxido de cobre, formando un precipitado de color rojo.

2.5.3 Descripción del método de la acidez total

Para determinar la acidez total, se usó el método INEN 1634, el cual se basa en la suma la suma total de las sustancias ácidas que pueden valorarse en una muestra de miel por la adición de una solución alcalina de normalidad conocida.

2.5.4 Descripción del método de índice de hidroximetilfurfural HMF

Para determinar el índice de HMF, se usó el método INEN 1637, el cual se basa en medir la absorbancia por medio de un espectrofotómetro.

2.5.5 Descripción del método de índice de diastasa

Para determinar el índice de diastasa, se usó el método INEN 1638, el cual se basa en verificar la hidrólisis de almidón al 1% realizada por la enzima diastasa en 1 gramo de miel dentro de una hora, y es determinada fotométricamente.

2.5.6 Descripción del método de análisis de antibióticos

El análisis se basa en una reacción antígeno-anticuerpo, es decir, es específica para un grupo de antibióticos utilizando el método de ELISA cuantitativo del kit de NEOGEN.

2.5.7 Descripción del método de análisis de metales pesados

El análisis se realizó por espectrofotometría de absorción atómica, con lámparas específicas para cada metal, su digestión fue realizada por medio de una mufla a temperatura de 600°C.

2.6 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de la miel de abeja como indicador ambiental de metales pesados en ambientes contaminados. Para ello se han escogido dos tipos de zonas en que se practica la apicultura, unas son las zonas urbanas de Quito y las otras zonas rurales de Mejía.

Formulación de hipótesis:

1. H_0 : No existe diferencia significativa en la concentración de metales pesados en la miel de abeja extraída en cada tipo zona.

2. H_a : Existe diferencia significativa en la concentración de metales pesados en la miel de abeja extraída en cada tipo de zona.

Datos:

- Tamaño de la muestra: tres muestras de la zona contaminada y tres de la zona no contaminada, dando un total de 6 muestras. Los análisis se harán por triplicado
- Nivel de significación: $= 0.05$
- Variables:

Cuantitativa: Concentración de metales pesados (en ppm) en cada lugar.

Independiente: Lugares: Contaminados (urbanos) / No contaminados (rurales).

Análisis de varianza ANOVA

Este análisis utiliza cocientes de las varianzas para probar la hipótesis de igualdad de medias. En general se usa para separar la variación total en las partes con la que contribuye cada fuente de variación en el experimento. En el caso del diseño

completamente al azar (DCA) se separan la variabilidad debido a los tratamientos y debido al error. Cuando la primera predomina sobre la segunda es indicio que los tratamientos tienen efectos o que las medias son diferentes. Cuando los tratamientos contribuyen igual o menos que el error, se concluye que las medias son iguales (Gutiérrez & Roman de la Vara, 2008).

Interpretación del resultado:

Con esta prueba estadística, se podrá confirmar con un nivel de confianza del 95%, si existe o no diferencia significativa de la concentración de cada metal en los 2 tipos de lugares establecidos.

La hipótesis alternativa (H_a) será afirmativa, si las medias son diferentes para cada metal y se la comprueba con el programa estadístico InfoStat mediante análisis de varianza.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Resultados del análisis químico de la muestra de miel de cada parroquia.

En la tabla 4 se muestran los resultados de los análisis químicos de la miel.

Tabla 4. Resultados del análisis químico de las muestras de miel.

Parámetro	Unidades	<i>Parroquias urbanas</i>				<i>Parroquias rurales</i>			
		Chillogallo	Ferroviana	Cumbayá	Promedio zona urbana	El Chaupi	Aloasí	Llano Chico	Promedio zona rural
Humedad	%	12,4	15,75	11,79	13,31	13,43	12,21	15,27	13,64
Cenizas	%	0,19	0,22	0,25	0,22	0,16	0,2	0,27	0,21
Acidez	meq/1000g	29,62	35,64	33,63	32,96	39,12	31,31	42,62	37,68
HMF	mg/kg	15	19,5	10,5	15	10,3	8	12,6	10,3
Azúcares reductores	%	66,67	66,47	68,83	67,32	68,68	68,25	67,17	68,03
Número de diastasa	° Gothe	9	10	10	9,67	12	10	12	11,33
Anfibióticos	Ausencia / presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

¹ meq = miliequivalente de ácidos de la miel, el más abundante es el ácido glucónico.

Fuente: (Laboratorio privado LABOLAB, 2015).

Se puede observar que la zona rural presenta mayores valores promedios para todos los parámetros excepto en el porcentaje de cenizas y HMF, mientras que ninguna zona presenta residuos de antibióticos en la miel.

3.2 Resultados de los parámetros de calidad

3.2.1. Humedad: A continuación se muestra el contenido de humedad en cada apiario:

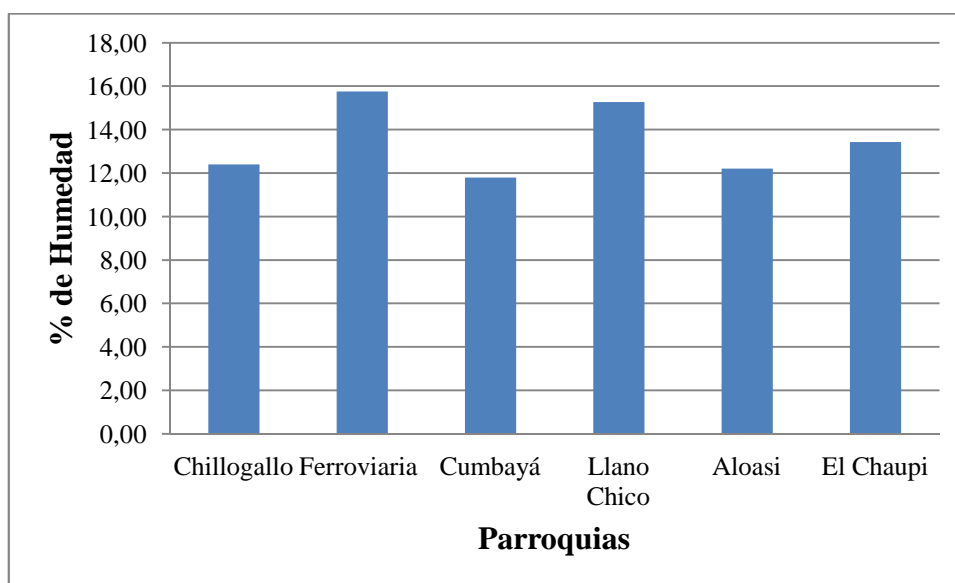


Figura 4. Porcentaje del contenido de humedad en cada apiario.

En el valor de porcentaje de humedad, todos los apiarios cumplen con la normativa INEN 1572 (No más de 20%). Siendo el apiario de la Ferroviaria con el valor más alto, mientras que el apiario de Cumbayá presenta el valor más bajo.

3.2.2. Cenizas: A continuación se muestra el contenido de cenizas en cada apiario:

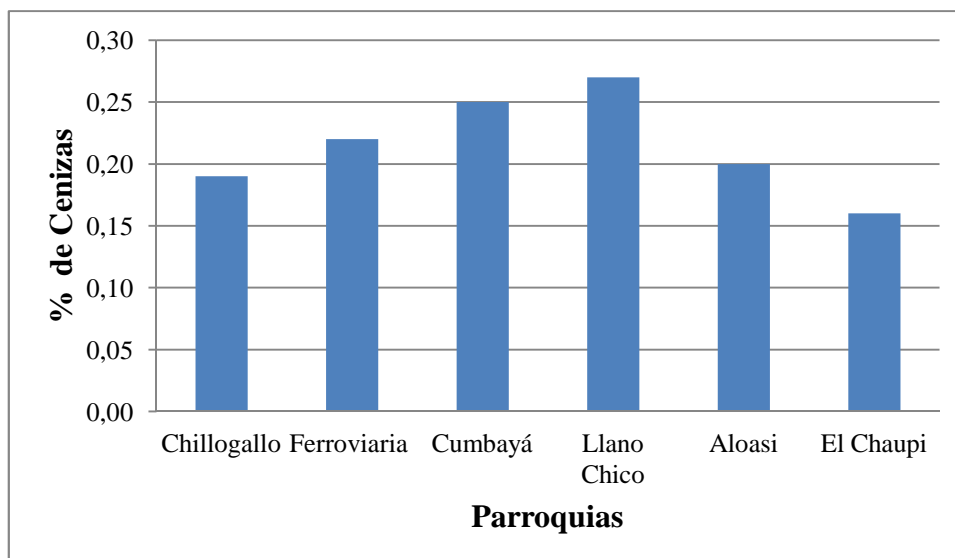


Figura 5. Porcentaje del contenido de cenizas en cada apiario.

En el valor de porcentaje de cenizas, todos los apiarios cumplen con la normativa INEN 1572 (No más de 0,5%). Siendo el apiario de Llano Chico con el valor más alto, mientras que el apiario de El Chaupi presenta el valor más bajo.

3.2.3. Hidroximetilfurfural (HMF): A continuación se muestra el contenido de HMF en cada apiario:

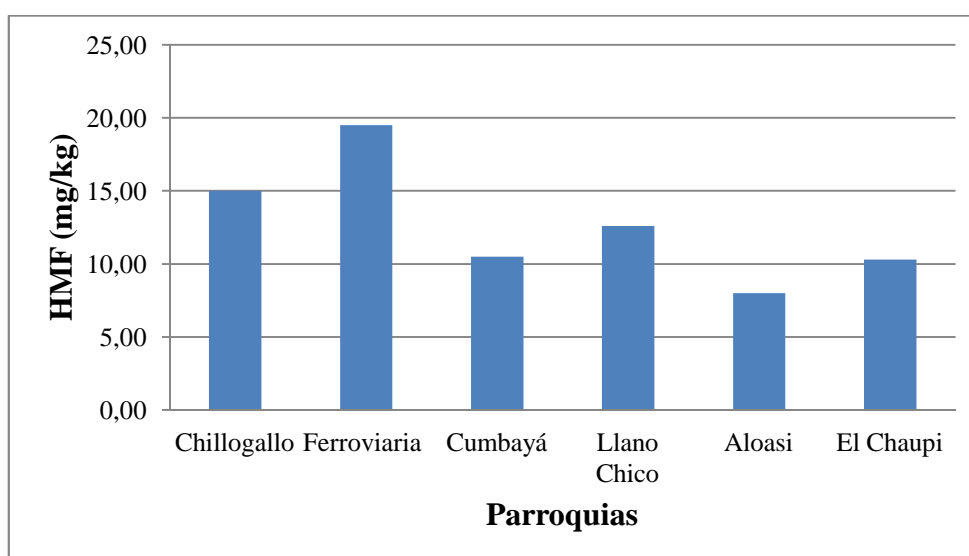


Figura 6. Contenido de HMF en cada apiario.

En el valor del contenido de HMF, todos los apiarios cumplen con la normativa del INEN 1572 (No más de 40 mg/Kg). Siendo el apiario de la Ferroviaria con el valor más alto, mientras que el apiario de Aloasi presenta el valor más bajo.

3.2.4. Azúcares reductores: A continuación se muestra el contenido de azúcares reductores en cada apiario:

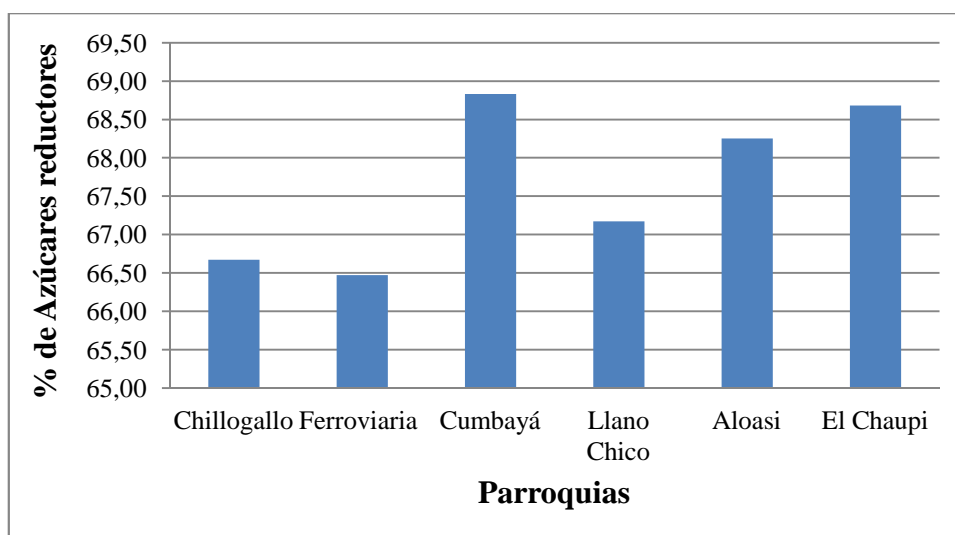


Figura 7. Porcentaje de azúcares reductores en cada apiario.

En el valor de porcentaje de azúcares, todos los apiarios cumplen con la normativa INEN 1572 (No menos del 60%). Siendo el apiario de Cumbayá con el valor más alto, mientras que el apiario la ferroviaria presenta el valor más bajo.

3.2.5. Acidez: A continuación se muestra el contenido de acidez en cada apiario:

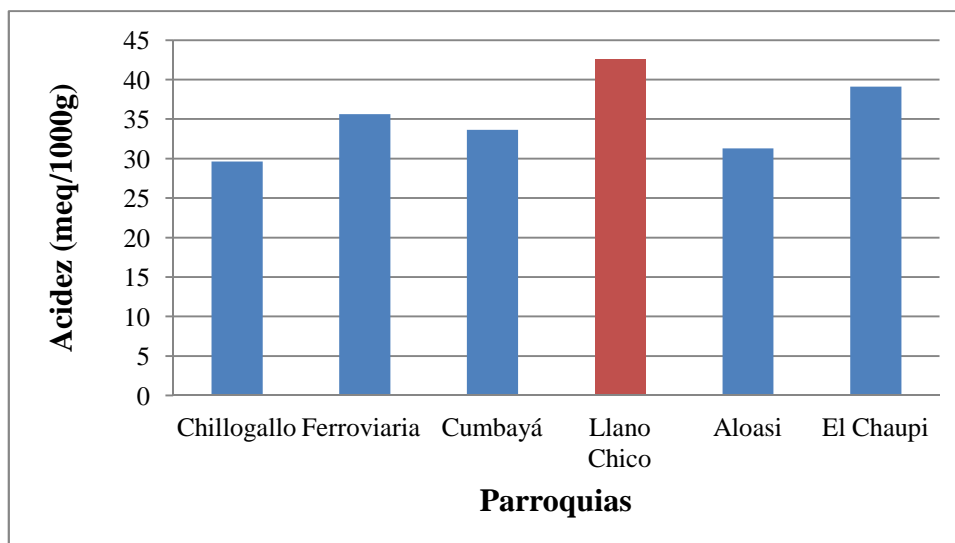


Figura 8. Valor de la acidez en cada apiario.

En el valor de acidez, todos los apiarios cumplen con la normativa INEN 1572, excepto Llano Chico (No más de 40 meq/1000g). El valor más bajo lo presenta el apiario de Chillogallo.

3.2.6. Numero de diastasa: A continuación se muestra el número de diastasa en cada apiario:

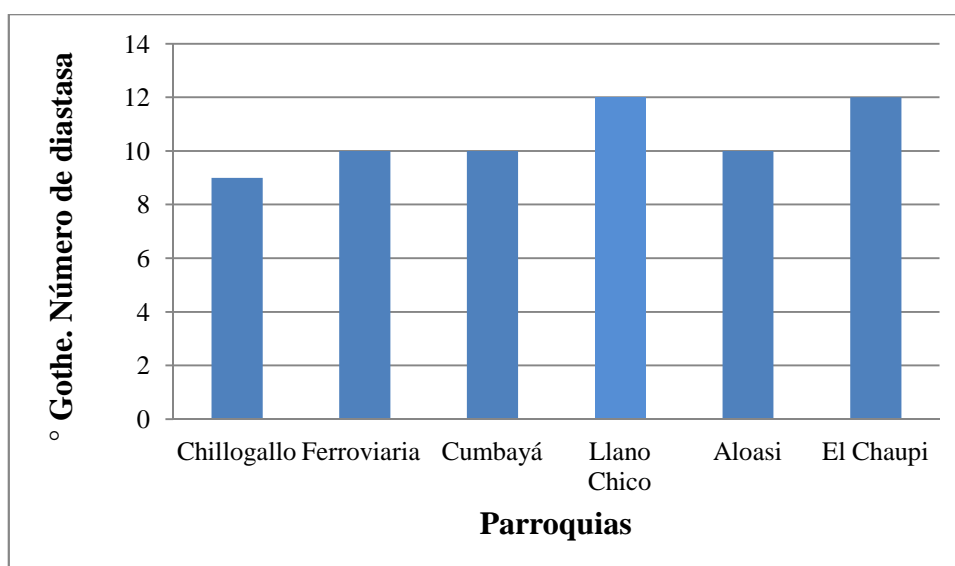


Figura 9. Número de diastasa en cada apiario.

En el valor de actividad de diastasa, todos los apiarios cumplen con la normativa, INEN 1572 (No más de 40 meq/1000g). Siendo los apiarios de Llano Chico y El Chaupi con el valor más alto, mientras que el apiario de Chillogallo presenta el valor más bajo.

3.3 Resultados de metales pesados.

En la tabla 5 se presenta los resultados de metales pesados por zona.

Tabla 5. Resultados del análisis de metales pesados¹.

Zona	Parroquia	Pb, ppm	Cd, ppm	Zn, ppm	As, ppb
<i>Rural</i>	Alausí	0,093 ± 0,006	0,035 ± 0,001	0,067 ± 0,012	2 ± 0,000
<i>Rural</i>	El Chaupi	0,093 ± 0,006	0,020 ± 0,000	0,013 ± 0,006	2 ± 0,000
<i>Rural</i>	Llano Chico	0,079 ± 0,000	0,023 ± 0,006	0,02 ± 0,000	2 ± 0,000
<i>Urbana</i>	Cumbayá	0,079 ± 0,000	0,037 ± 0,002	0,020 ± 0,001	2 ± 0,000
<i>Urbana</i>	Chillogallo	0,13 ± 0,001	0,020 ± 0,000	0,047 ± 0,015	2 ± 0,000
<i>Urbana</i>	Ferrovial	0,079 ± 0,000	0,020 ± 0,000	0,047 ± 0,012	2 ± 0,000

¹Media ± DS, n=3.

Fuente: (Laboratorio privado LABOLAB, 2015).

Se observa que el valor de plomo es mayor en la parroquia de Chillogallo, para el cadmio, el valor más alto es en la parroquia de Cumbayá, para caso del zinc, el valor más alto es en la parroquia de Aloasí y para el caso del arsénico todas las parroquias muestran el mismo valor.

En la figura 10 se muestra la variabilidad de la concentración de cadmio en cada zona.

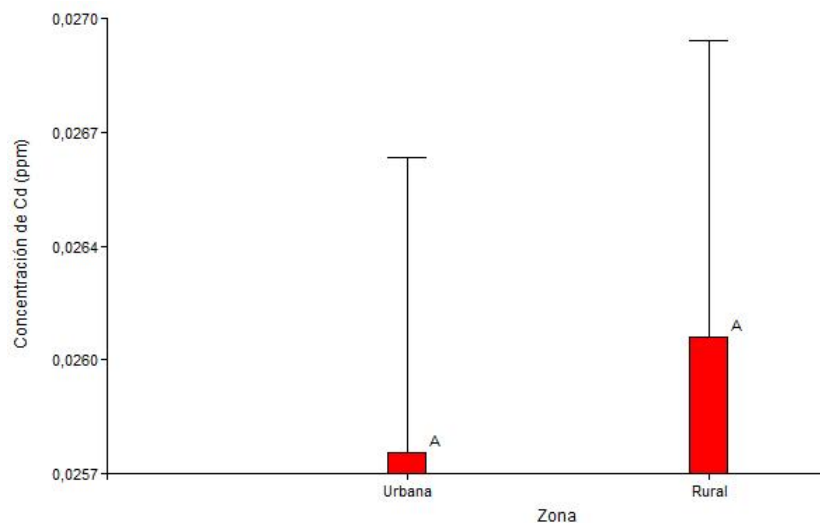


Figura 10. Variabilidad de la concentración de cadmio en cada zona.

Se observa que la región urbana registra una menor variación de cadmio, a diferencia de la rural que presenta mayor variación con mayor valor promedio de la concentración.

En la figura 11 se muestra la variabilidad de la concentración de plomo en cada zona.

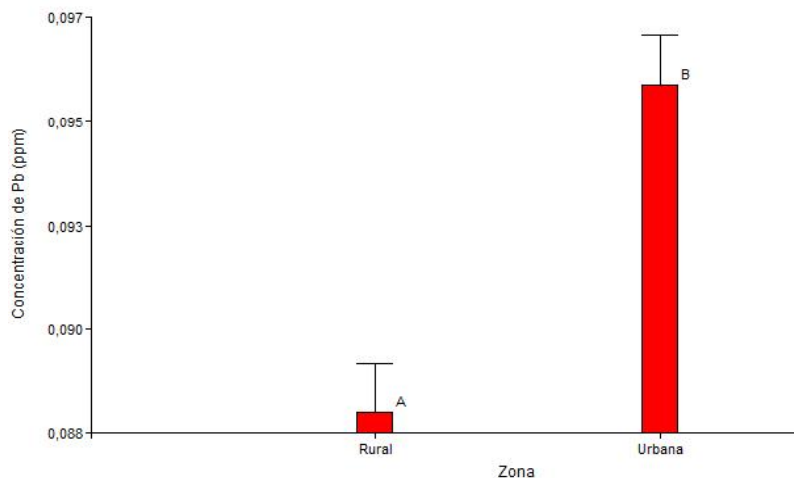


Figura 11. Variabilidad de la concentración de plomo en cada zona.

Se observa que la región rural registra una mínima variación de plomo, a diferencia de la urbana que presenta mayor variación con mayor valor promedio de la concentración.

En la figura 12 se muestra la variabilidad de la concentración de zinc en cada zona.

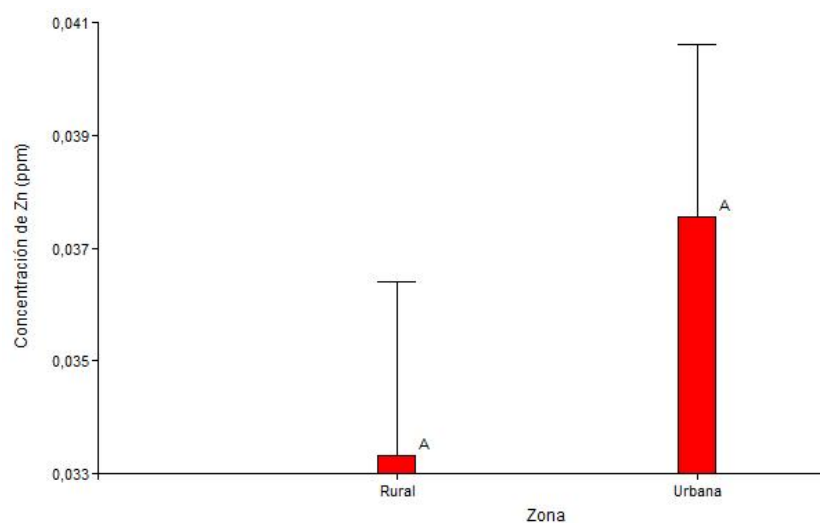


Figura 12. Variabilidad de la concentración de zinc en cada zona.

Se observa que la región rural registra una menor variación de zinc, a diferencia de la urbana que presenta mayor variación con mayor valor promedio de la concentración

3.4 Resultados del análisis estadístico.

En la tabla 6 se presenta los resultados de metales pesados por zona y si se señala si existe diferencia significativa entre las zonas estudiadas.

Tabla 6. Resultados de metales pesados por zona.

Analito ²	Zonas ¹	
	Zona Rural	Zona Urbana
Pb, ppb	0,0885 ± 0,0082 A	0,0958 ± 0,0253 B
Cd, ppb	0,0261 ± 0,0074 A	0,0257 ± 0,0087 A
Zn, ppb	0,0333 ± 0,0259 A	0,0376 ± 0,0165 A
As, ppm	2,000 ± 0 A	2,000 ± 0 A

¹ Media ± DS, n=3.

² Valores en cada fila, seguido por letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

Se observa que únicamente el plomo muestra diferencia significativa ($p < 0,05$), es decir se diferencia su concentración en la zona rural y urbana. Los metales restantes no

muestras diferencia significativa ($p > 0,05$), es decir su concentración no varía en la región rural ni urbana, por lo que se cumple la hipótesis solo para el plomo.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

Miel de abeja y control de calidad

La apicultura es una gran fuente para generar empleo y divisas, además es una actividad que no requiere avanzada tecnología, ni es costosa ya que con poca inversión se puede obtener no solo beneficios económicos, sino sociales y medio ambientales. Ecuador tiene una gran ventaja, que es su ubicación geográfica, gracias a ello dispone de condiciones climáticas favorables, una amplia diversidad de flora y fauna (Castro & Albuja, 2002).

En el Ecuador existen todos los recursos necesarios para el desarrollo de la apicultura, sin embargo no se ha explotado esta actividad como se debe, solo ha sobrevivido gracias al esfuerzo de pequeños apicultores. Como se observa la apicultura es un gran incentivo para la sostenibilidad económica de los ecuatorianos, pero este incentivo debe ser realizado con responsabilidad y con eficiencia, de tal forma que la miel que se venda sea de buena calidad para el consumidor (Castro & Albuja, 2002).

Actualmente en el Ecuador, existe una regulación global de aseguramiento de la calidad de la miel. La última legislación dada para la miel de abeja, fue emitida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 1572) en el año 1988. Esta legislación apícola, sustenta las normativas respaldadas por el CODEX, pero no existe un control nacional, principalmente debido a que no existe un laboratorio estatal exclusivo para realizar análisis fisicoquímicos de la miel, lo que conlleva a una situación de permisividad alimenticia con respecto a la miel de abeja. Sin embargo, actualmente el INEN ha estado llevando a cabo reuniones programadas, en donde se está trabajando por mejorar la legislación para miel, pero aún no es oficial (Rosero, 2014).

Según los estándares internacionales y métodos propuestos para determinar la calidad de miel de abeja especificada en la Directiva Europea y el Codex Alimentario, se debe tomar en consideración factores como: humedad, cenizas, acidez,

hidroximetilfurfural, azúcares reductores, sacarosa aparente, actividad diastásica (Bogdanov, y otros, 2001). Pero también se debe analizar metales pesados y antibióticos (Rosero, 2014). Los procedimientos que presentan las normas INEN actuales para analizar estos parámetros son los mismos que los métodos oficiales de la AOAC Internacional (Association of Official Agricultural Chemists). Debido a esto, se realizó el análisis químico según las normas INEN, pero se añadió antibióticos y metales pesados ya que a futuro se desea que Ecuador exporte miel a nivel internacional, en donde se exige una miel 100% pura sin contaminantes.

El porcentaje de humedad es un parámetro relacionado al grado de maduración y al instante de cosecha. Es garantía de un buen almacenamiento, ya que si no se lo almacena correctamente, puede absorber humedad del ambiente; es uno de los parámetros de calidad más importantes que debe ser observado para evitar la fermentación (Vásquez, 2010).

La humedad no solo está relacionada con el lugar geográfico, sino con un grupo de diversas variables, como son: prácticas de extracción, manejo del producto, condiciones climáticas, humedad inicial del año del néctar, origen geográfico y grado de maduración de los opérculos (Vásquez, 2010).

Los valores promedio de humedad fueron: 13,31 % y 13,64 % de la zona urbana y rural respectivamente, lo que indica que cumple con los límites permisibles tanto en la normativa nacional, INEN, como en el internacional, CODEX. Si las mieles presentan porcentajes menores a 17,1%, no fermentan, independiente del recuento de levaduras presentes. Se puede señalar, que las mieles estudiadas tienen pocas posibilidades de fermentar y que los manejos de cosecha y almacenaje han sido los apropiados para asegurar un nivel de humedad adecuado (Vásquez, 2010).

La ceniza, al igual que la conductividad eléctrica, da una orientación de los orígenes de la miel, floral o de mielato, por ser indicador de los contenidos de elementos minerales. Los contenidos de cenizas, puede ser una compleja función, entre el origen

floral y el origen geográfico. Sugiriendo que la clase de suelo y las condiciones climáticas pueden tener una influencia en los contenidos de minerales en la miel, de igual origen floral y distinto origen geográfico (Vásquez, 2010).

Anteriormente el Codex Alimentarius consideraba los valores de ceniza, los cuales fueron reemplazados por los de conductividad, en donde se señala que en mieles de flores, el contenido máximo de ceniza es 0,6% y para mieles de mielato la ceniza alcanza valores del orden del 1,2%, mientras que en la normativa nacional, el límite permisible es del 0,5%. En este estudio se obtuvo como promedio 0,22 y 0,21% de la zona urbana y rural respectivamente, lo que indica que si cumplen con la normativa nacional (Vásquez, 2010).

La acidez que caracteriza a la miel, le da un poder de estabilidad contra microorganismos que se puedan encontrar en el ambiente impidiendo así que proliferen. Se conoce que el ácido predominante en la miel, es el glucónico, se encuentra en mayor porcentaje en la miel comercial, por ende su pH es más ácido. Según la norma nacional el límite del índice de acidez es 40 meq/1000g, en cambio según el CODEX, el límite es de 50 meq/1000g. Se puede señalar que según la normativa nacional el 83,33 % de las muestras de miel cumplen con los valores permisibles, pero según la normativa internacional todos cumplen. Se obtuvo como valor promedio 32,96 y 37,68 meq/1000g en la zona urbana y rural, respectivamente.

El apiario que no cumplió con la normativa nacional en el parámetro de acidez fue el de Llano Chico, con un valor de 42.62 meq/1000g lo que sugiere, que a pesar que cumple con los demás parámetros, esta miel ha empezado a fermentarse debido a que no se almacena herméticamente y por ende absorbe la humedad de la atmósfera, que puede fermentar, ya que la miel es higroscópica (Méndes, López, & Portilla, 2011).

La adulteración en miles de abeja se da generalmente por varias razones, entre ellos tenemos la adición de sustitutos artificiales de menor valor como es el jarabe de maíz, “el azúcar invertido” obtenido por hidrólisis química, y la sacarosa (azúcar de mesa) en

forma de jarabe; la alimentación de colmenas durante el flujo de miel y la alimentación excesiva de las colmenas durante la mielada (Ureña, Arrieta, Umaña, Zamora, & Arias, 2007).

En este proyecto, todas las muestras cumplen con el límite permisible de azúcares reductores en ambas normativas que es mayor al 60% y se obtuvo como promedio 67,32% y 68,03% en la zona urbana y rural respectivamente.

Si las muestras estuvieran adulteradas con glucosa comercial, el número de diastasa e HMF sobrepasarían sus límites permisibles Sin embargo para mayor seguridad, es importante analizar los azúcares por separado y también analizar si la muestra contiene dextrinas, que son sustancias que se producen cuando se añade glucosa comercial, de esta manera se obtiene más veracidad en los resultados (Ureña, Arrieta, Umaña, Zamora, & Arias, 2007)

Los valores del contenido de HMF y de la actividad de diastasa son considerados como criterios más fiables para evaluar el envejecimiento y sobrecalentamiento en miel; al ser la actividad de diastasa más susceptible, ésta se reflejaría en un ligero calentamiento y con el HMF un proceso más fuerte, y eso es concordante con otros estudios, por ejemplo en Pakistán se encontró valores menores a 40mg/kg, de igual forma en Yucatán, México. De esta manera los valores obtenidos en este proyecto demuestran que todas las muestras cumplen con estos parámetros. (Ureña, Arrieta, Umaña, Zamora, & Arias, 2007).

Como promedio de HMF se obtuvo 15 y 10,30 mg/kg; mientras que en promedio del índice de diastasa fue de 9,67 y 11,33 °Gothe de la zona urbana y rural, respectivamente. Esto sugiere que la miel rural es más fresca y contiene mayor actividad enzimática, ya que al ser mayor su número de diastasa, su nivel de enzimas incorporado por parte de las abejas, es mayor. Si la miel presentara valores bajos del índice de diastasa, su actividad enzimática sería baja porque la miel ya no estaría siendo incorporada con enzimas, es

decir la miel estaría ya en proceso de maduración y almacenada por ende las abejas ya no estarían interviniendo en procesos posteriores al almacenamiento.

También puede ser que la miel con bajo índice de diastasa se deba a que la floración sería más concentrada y las abejas manipulan menos tiempo la miel hasta obtener una madurez adecuada, incorporando menor cantidad de enzimas (Vásquez, 2010).

Se puede señalar que las mieles analizadas en ambas zonas cumplen con los valores de ambas normativas, sugiriendo que la miel es fresca y no presenta envejecimiento.

En este proyecto no se encontró residuos de antibióticos, sin embargo es importante resaltar que muchos apicultores por falta de conocimiento utilizan antibióticos para el tratamiento de enfermedades bacterias como la Varroa, loque americana, entre otras. Existen varios reportes internacionales de residuos de antibióticos en la miel; residuos de oxitetraciclina y cloramfenicol es comúnmente usada para tratar la enfermedad loque americana y europea causado por la larva *Paenibacillus larvae* y por la bacteria *Streptococcus pluton*, respectivamente (Al-Waili, Salom, Al-Ghamdi, & Ansario, 2009).

Sin embargo, debido a su uso amplio e incontrolable, se ha reportado que las bacterias crean resistencia a varios antibióticos como a la tetraciclina. También se usan otros tipos de antibióticos: Eritromicina, lincomicina, monensina, estreptomina, y enrofloxacin (Al-Waili, Salom, Al-Ghamdi, & Ansario, 2009).

Como se observa existe gran variedad de antibióticos usados en diferentes apiarios, las técnicas de ELISA para detectar antibióticos en muestras son limitadas, ya que un solo kit de ELISA detecta cierto número de antibióticos. Actualmente existe la nueva tecnología de los biochips específicamente para miel de abeja, en donde, cada kit permite evaluar una gran cantidad de antibióticos, es decir con un solo kit se puede llegar analizar muchos más antibióticos que con ELISA. En este proyecto se busco algún laboratorio que ofrezca este servicio, sin embargo no hay aún en el país dicha tecnología. Agrocalidad tenía la intención de hacer llegar al país esta nueva tecnología,

pero la empresa Randox de Reino Unido se negó implementar a Agrocalidad ya que no dispone de los recursos económicos ni académicos para su implementación.

Actualmente los biochips pueden hacer análisis de tres perfiles de drogas: AM1: 14 sulfonamidas más trimetoprima; AM2: quinolonas, ceftiofur, tilosina, estreptomina, tetraciclinas; AM3: Nitrofuranos AOZ, AMOZ, AHD, SEM más Cloranfenicol, con un costo individual es de USD 300, lo que indica que es un análisis de elevado costo económico.

Para asegurar que en el país existe una producción apícola de calidad, se debe muestrear cada provincia, Agrocalidad es la empresa estatal encargada de buscar sanidad de producción apícola, está en proceso de capacitaciones y de establecer un régimen de ley junto al INEN para asegurar la calidad de la miel, creándose oficialmente un laboratorio especialmente para la miel como existe en otros países como en Argentina.

Este estudio solo fue un paso más para que exista mayor control a las mieles distribuidas en el comercio, ya que se comprobó su calidad solo en algunos apiarios de Pichincha, siendo necesario ampliar este control (Rosero, 2014).

La miel como indicador ambiental

A diferencia del monitoreo ambiental, el biomonitoreo es una herramienta nueva e innovadora que se diferencia con los sistemas mecánicos en la probabilidad de integrar el flujo de contaminantes en el tiempo que se ven expuestos las abejas y sus productos (Gorza & Gallez, 2007).

Tiene una gran ventaja: la bioamplificación, que es la concentración elevada de un elemento químico en los tejidos de un organismo que está en la cima de una pirámide alimenticia; esto se relaciona con la concentración de contaminantes en la abeja, es decir la abeja tiene la ventaja de atrapar contaminantes en su cuerpo a lo largo de su vida y de

su trayectoria, no solo en un momento fijo ni en un solo lugar como se realiza en el monitoreo actual (Gorza & Gallez, 2007).

La abeja *Apis mellifera* depende directamente de las condiciones toxicológicas del ambiente natural. Es un buen indicador ambiental ya que está muy extendido y es sensible a los cambios ambientales; desde 1970, las abejas se han utilizado para controlar la contaminación ambiental por metales pesados (Perugini, Manera, Grotta, Amorena, Abete, & Tarasco, 2011).

Los metales pesados no causan la muerte de la abeja, pero permanecen en el cuerpo de la abeja. Los metales pesados presentes en la atmósfera pueden depositarse directamente sobre el cuerpo peludo de las abejas o puede alcanzar el insecto por el néctar, el polen, el rocío de miel, o a través del agua durante la búsqueda de alimento (Perugini, Manera, Grotta, Amorena, Abete, & Tarasco, 2011).

Las percoreadoras comúnmente vuelan a 1,5 km de su colmena, pero pueden variar a través de largas distancias, incluso hasta 10 km, dependiendo de su necesidad de alimentos y su disponibilidad. Cada abeja recolectora o percoreadora completa de 12 a 15 viajes de alimentación al día. A su regreso a la colmena, la abeja entra a la colmena y por medio de sus alas dispersa a sus compañeros y a la miel los contaminantes, de esta forma la abeja cumple su ciclo de transportar metales pesados a la colmena y por ende a la miel (Perugini, Manera, Grotta, Amorena, Abete, & Tarasco, 2011).

En este proyecto se realizó el estudio de la miel como indicador ambiental. Existen muchos estudios internacionales, como en Rumania 2013, se comprueba que la miel es sensible a la detección de metales pesados ya que se estudió la relación de metales pesados de muestras de miel con la contaminación ambiental de actividades industriales. Los resultados indicaron una buena correlación entre el contenido de metales en la miel, el aire y el polvo, y un poco menos relevante la correlación con el contenido de metales en el suelo (Berinde & Michnea, 2013).

En la normativa nacional y en el CODEX, no se encuentra definido aún los límites permisibles de metales pesados para la miel, por ello se adopta los máximos valores validados de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cual es 0,2mg/kg para plomo, 0,02mg/kg para cadmio, 1mg/kg para zinc y para arsénico 0,2mg/kg (Berinde & Michnea, 2013).

En los resultados se observa que no existe diferencia significativa de la concentración de cadmio, zinc y arsénico, mientras que para el plomo si existe diferencia significativa en cada tipo de zona, siendo mayor el promedio de plomo en la zona urbana (0,0958 ppm) que en la rural (0,0885 ppm). Esto sugiere que en la zona urbana existen industrias en mayor número, el apiario que presenta mayor nivel de plomo en la muestra es el de Chillogallo, en donde existen industrias de: cerámica, vidrio, pinturas y plásticos; sin embargo las concentraciones de plomo se encuentran dentro de los límites permisibles.

El único metal que sobrepasa dichos límites es el cadmio en el apiario de Cumbayá (0,037 ppm) y Aloasí (0,035 ppm), entre sus fuentes posibles son uso de fungicidas en cultivos, industrias de: plásticos, aceros, mangueras hidráulicas, industriales y automotrices.

Esto sugiere que la miel es sensible a altas y bajas concentraciones de contaminantes debido a que se encontró residuos de metales pesados en ambas zonas. Otra ventaja que se observa es que las percoreadoras si cumplen la función de bioamplificar el medio dado que se encontró concentración de metales pesados en zonas rurales, donde la contaminación antropogénica no es muy abundante, a diferencia de la contaminación natural que si puede ser abundante dependiendo de la ubicación geográfica.

Se puede señalar que en este estudio se encontró que las abejas percoreadoras podrían haber recorrido hasta 10Km, ya que a esa distancia se encuentra la empresa Adelca desde el apiario de Aloasi. De igual forma la empresa distribuidora de Plásticos R&R se encuentra a 6Km del apiario de Cumbayá.

En cuanto al cadmio en la Unión Europea y en todo el mundo, aproximadamente el 85-90% del total de emisiones de cadmio en el aire son procedentes de fuentes antropogénicas, principalmente de la fusión y refinación de metales no ferrosos, la combustión de combustibles fósiles, y la incineración de residuos municipales. La mayor fuente natural de cadmio son los volcanes activos (Perugini, Manera, Grotta, Amorena, Abete, & Tarasco, 2011).

En el caso del arsénico y zinc, la concentración en la miel está dentro de los límites permisible. La concentración de zinc fue mayor en la zona urbana (0,0376 ppm) que la región rural (0,0333 ppm). Los valores de arsénico, no varían son igual en ambas zonas, apenas de 2 ppb, sin embargo, es importante analizar el origen de esta concentración, que puede ser, de origen antropogénica o natural.

Según (Nordberg, 2001), el arsénico se encuentra grandemente distribuido en toda la corteza terrestre combinado con otros elementos, sus principales fuentes son los volcanes y la erosión de depósitos minerales. El origen antropogénico es principalmente originado de procesos de fundición (separación del metal y la roca) de diversos minerales metálicos como el cobalto, níquel, oro, plomo, zinc. También se lo usa como conservante de madera, decoloración de vidrio y como plaguicida e insecticida (Nordberg, 2001).

Según (Machado, y otros, 2008), la fuente de zinc está relacionado básicamente con emisiones en condiciones de altas temperaturas en actividades antrópicas y biogénicas. Es común en las emisiones vehiculares, por ser el resultado de un proceso de combustión a altas temperaturas, el cual está relacionado principalmente con partículas finas. Además los niveles de zinc están estrechamente relacionados con el empleo y el desgaste de los cauchos y frenos de los vehículos.

En la industria se usa como materia prima de pesticidas, pinturas, barnices, plásticos, cauchos, conservante de pieles y maderas, astringente, vidrio pegamiento blanco y tintas, y como semiconductor en la industria electrónica. (Nordberg, 2001).

Muchas fábricas deben usar estos metales para sus fines comerciales y se los pueden encontrar como residuos o combinados con otros elementos. Una fuente principal es la combustión de residuos municipales e industriales. De esta manera la fuente de zinc y arsénico encontrados en este proyecto puede variar su origen, a pesar que cumplen con los límites permisibles, su origen puede ser una gran interrogante a la hora de definir las fuentes concretas.

En Chile, 2009, se investigó si las mieles endémicas chilenas, producidas en zonas aledañas de contaminación ambiental por metales, se ven perjudicadas por ellos. Para responder esta pregunta, fue necesario desarrollar una técnica que permita determinar la concentración de los metales con bajo porcentaje de error. Esta técnica analítica es la espectrofotometría de absorción atómica (Mejías, Olivares, Salas, & Montenegro, 2009).

Debido a la importancia que este tema ha traído consigo, se ha realizado una serie de investigaciones que se busca determinar como la contaminación afecta la producción melífera en Chile. Todas ellas han formado parte del proyecto FONDECYT “Miel como bioindicador de contaminación ambiental a partir de la determinación de metales pesados”. Como resultado se tuvo que se encontraron concentraciones de metales cuyos valores estaban dentro de los límites permisibles según la ley chilena, sin embargo los niveles de metales fue mayor en cercanías al Volcán Llaima que durante los últimos 20 años ha presentado actividad intermitente (Mejías, Olivares, Salas, & Montenegro, 2009).

Esto sugiere que la miel puede ser utilizada como indicador ambiental de diversas zonas del país. Se pudo observar que la abeja detecta no solo en lugares urbanos, sino también en lugares rurales, sugiriendo su alta sensibilidad y bioamplificación de recorrido.

Tras varios análisis hoy en día se puede asegurar que las mieles si son capaces de reflejar lo que se produce en zonas geográficas donde se cultivan, en relación al potencial de contaminación que allí exista (Gorza & Gallez, 2007).

Para asegurar y tener más seguridad en el uso de la miel como indicador ambiental en el país, se requiere hacer posteriores estudios con lugares estratégicos (Perugini, Manera, Grotta, Abete, Tarasco, & Amorena, 2011).

Las plantas melíferas no solo nos permiten obtener subproductos como la miel, sino que ayuda además a comprender de qué manera el hombre está afectando al medio.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- Se logró muestrear la miel de apiarios de la zona rural y urbana. En la zona urbana las abejas mostraron más agresividad por falta de espacio y hubo falta de floración exuberante. Debido a esto, las muestras de la zona rural se las pudo obtener con mayor facilidad obteniéndose así una muestra más representativa del sitio geográfico del apiario correspondiente.
- Se evaluó la miel mediante análisis de acidez, azúcares reductores, humedad, índice de diastasa e hidroximetilfurfural. Todas las muestras de miel de los apiarios cumplieron con la normativa INEN 1572, excepto la muestra de Llano Chico que sobrepasó el valor de acidez.
- Aplicando el método de ELISA no se encontró residuos de antibióticos en las muestras de miel, sin embargo existen técnicas más desarrolladas, pero más costosas, como son los biochips, los cuales son más eficaces para determinar gran variedad de residuos de antibióticos.
- Se analizó las muestras de miel para determinar metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica. Todos los valores de metales pesados están dentro de los límites permisibles, excepto el cadmio en dos apiarios, uno de ellos es el de Aloasí con un valor de 0,035ppm y el otro es el de Cumbayá con un valor 0,037ppm.
- Se comprobó que la miel si puede ser aplicada como indicador ambiental ya que se encontró concentraciones de metales pesados en las zonas estudiadas. Los valores promedios de los metales en la zona rural y urbana, respectivamente, son: plomo 0,0885ppm y 0,0958ppm; cadmio 0,0261ppm y 0,0257ppm; zinc 0,0333ppm y 0,0376ppm y arsénico 2ppb y 2 ppb.

- El único metal que mostró diferencia significativa entre las zona rural y urbana fue el plomo, sugiriendo que su principal fuente son las industrias que existen en la zona urbana. Existen industrias de plástico, pinturas, cerámica y vidrio, en los sectores donde se muestreo la miel.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Para aseguramiento de la calidad de la miel de abeja en el país, se requiere más avances en el desarrollo tecnológico, para ello empresas como Agrocalidad, deben promover la implementación de un laboratorio exclusivo para la miel de abeja con costos al alcance de los apicultores.
- Se busque siempre mejorar la eficacia de los laboratorios, cuyos equipos sean certificados para el control de la calidad en base de normativas, los cuales deben contar con nuevas tecnologías como es el caso del uso de biochips para detección de antibióticos.
- Para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos se debe instalar mínimo cuatro colmenas de abejas en lugares contaminados a monitorearse, con un mínimo de tres estaciones.
- Respaldarse con una colmena de un tamaño acorde con el monitoreo a realizar, para reemplazar colmenas en caso que éstas sufran algún daño que perjudique el desarrollo del mismo, como por ejemplo enfermedades, pérdida de reina, entre otras.
- Realizar estudios microscópicos de las partículas suspendidas en la superficie de la abeja por medio de un peinado con vaselina de las mismas.
- Crear rutas de vuelo mediante cebos de interés para la abeja (miel, jarabe) para exigirles a circular una zona determinada a monitorear.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

- Albores, A., Quintanilla, B., Del Razo, L., & Cebrián, M. (1987). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de Capitulo 15. Arsénico.: <http://bvs.per.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a15.pdf>.
- Al-Waili, N., Salom, K., Al-Ghamdi, A., & Ansario, M. (2009). Antibiotic, Pesticide, and Microbial Contaminants of Honey. *The Scientific World Journal* , 1-6.
- Andrade, E. (2009). *Desarrollo de buenas prácticas de manufactura para la producción de mie en dos planteles apícolas*. Recuperado el 2014 de 10 de 5, de Repositorio Digital EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1681>.
- Asensio, E., De Liñan, C., & Cegarra, G. (2001). *Apicultura. Conocimiento de la abeja*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Barragán, F. (2007). *Hablemos Claro*. Obtenido de La importancia de evitar la contaminación ambiental por metales pesados: http://www.hablemosclaro.org/carrusel/c_metales_pesados.aspx#.U0K5gKh5MhQ<http://fenade.com/articulos.html>.
- Berinde, Z., & Michnea, A. (2013). A Comparative study on the evolution of environmental pollution with heavy metals. *Journal of Science and Arts* , 23 (2), 173-180.
- Bogdanov, S., Lullmann, C., Martín, P., Von Der Ohe, W., Russmann, H., Vorwohl, G., y otros. (2001). *Calidad de la miel de abejas y estándares de control: Revisión realizada por la comisión internacional de la miel*. Obtenido de http://www.beekeeping.com/articulos/calidad_miel.htm.

- Bratu, L., & Georgescu, C. (2005). Chemical contamination of bee honey-identifying sensor of the environment pollution. *Cental European Agriculture* , 6, 467-470.
- Cabrera, J. (2004). *Miel*. Obtenido de <http://www.apiterapia.com.ec/portal/apiterapia/miel>.
- Castro, R., & Albuja, S. (2002). *TEMA: Proyecto de Pre-factibilidad para la producción y comercialización de Miel de Abejas a España*. Recuperado el 23 de 3 de 2015, de repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/7038/1/17988_1.pdf.
- Fernández, M., Muñoz, E., & Ortis, A. (1994). La miel, indicador ambiental. *Prácticas ecológicas para una agricultura de calidad*, (págs. 37-46).
- FMO, & OMS. (2003). Garantía de la inocuidad y garantía de los alimentos: Directrices para el fortalecimiento de los sistemas nacionales de control de los alimentos.
- Galvao, L., & Corey, G. (1987). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de Serie de vigilancia 4. Cadmio: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/004663.pdf>.
- Garzón, A. (2006). *Ministerio del Ambiente. Información Plomo y Cadmio en Ecuador*. Quito-Ecuador: Oficio N° 4413-DPCC-SCA-MA.
- Gorza, G., & Gallez, L. (2007). *Gilles RATIA - APISERVICES*. Obtenido de http://www.apiservices.com/articulos/biomonitoreo_abejas.pdf.
- Gutiérrez, H., & Roman de la Vara, S. (2008). *Análisis y diseño de experimentos México*. México: MCGRAW-HILL.

- Jaramillo, N. (2011). *Compendio de la apicultura ecuatoriana*. Recuperado el 05 de 05 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos68/compendio-apicultura-ecuadoriana/compendio-apicultura-ecuadoriana.shtml>.
- INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización), 1988. *Miel de abeja. Reuquisitos*. Recuperado el 05 de 05 de 2014, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1572.1988.pdf>.
- Lezaeta. (2010). *Estreñimiento, causas y prevención según el Dr. Manuel Lezaeta*. Obtenido de <http://www.cocinasalud.com/estrenimiento-causas-y-prevencion-segun-el-dr-manuel-lezaeta/>.
- Machado, A., Gracia, N., C, G., Acosta, L., Córdova, A., Linares, M., y otros. (2008). Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular. *Revista internacional de contaminación ambiental* , 24, 171-182.
- Mejías, E., Olivares, L., Salas, F., & Montenegro, G. (2009). Miel de abejas. Bioindicador natural de contaminación ambiental. *Agronomía y Forestal UC*.
- Méndes, P., López, E., & Portilla, M. (2011). Estudio comparativo de las propiedades físicoquímicas. @*LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA* , 9 (1), 14-21.
- Merlo, B. (2014). *Miel, natural alternativa vs resistencia a los antibióticos*. Obtenido de <http://salud.univision.com/es/noticias/miel-natural-alternativa-contraresistencia-a-los-antibi%C3%B3ticos>.
- Montenegro, S., Bianchi, E., & Avallone, C. (2000). *Gilles RATIA - APISERVICES*. Obtenido de Caracterización de mieles del Parque Chaqueño:

determinación de HidroxiMetilFurfural, plomo y antibióticos:
http://www.beekeeping.com/articulos/mieles_parque_chaqueno.htm.

- Nordberg, G. (2001). Metales: Propiedades químicas y toxicidad. En *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (págs. 01-76).
- Pacheco, M. (27 de 12 de 2014). 50 000 automotores nuevos circulan en las vías de Quito. *El Comercio* .
- Pacheco, M. (2014). El Comercio. *50 000 automotores nuevos circulan en las vías de Quito* .
- Perugini, M., Manera, M., Grotta, L., Abete, M., Tarasco, R., & Amorena, M. (2011). Heavy metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) contamination in urban areas and wildlife reserves: honeybees as bioindicator. *Biological trace element research* , 140, 170-176.
- Perugini, M., Manera, M., Grotta, L., Amorena, M., Abete, M., & Tarasco, R. (2011). Heavy Metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) Contamination. *Biological Trace Element Research* , 4, 170-176.
- Pesantes, D. (2007). *Composición de la Miel de Abejas*. Obtenido de <http://academic.uprm.edu/dpesante/5355/lamieldeabejas.PDF>.
- Randox, F. D. (2013). Recuperado el 04 de Mayo de 2014, de <http://www.randoxfooddiagnostics.com/docs/default-source/randox-fd/brochures/antibiotic-honey-screening-spanish.pdf?sfvrsn=10>.
- Razmilic, B. (2012). 4. *ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA*. Recuperado el 20 de 3 de 2015, de <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/ab482s04.htm>.

- Rosero, H. (07 de Junio de 2014). Situación de la apicultura en el país. (F. Condor, Entrevistador).
- Saldívar, L., Tovar, A., & Namihira, D. (s.f.). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de Capítulo 11. Plomo: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a11.pdf>
- Sanz, D., & Sanz, M. (1994). Índice de diastasas y contenido de hidroximetilfurfural en la miel de La Rioja. 1881-191.
- Semmartin, M. (2013). *Contaminación atmosférica*. Recuperado el 10 de 12 de 2013, de <http://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Atmosfera/contatmosf.pdf>.
- Soto, A. (2009). Metales pesados. En S. B, *Caracterización del material particulado de la red de depósito de la CORPAIRE de los años 2007 y 2008*. Secretaría del Ambiente (págs. 11-20).
- Suescún, L., & Vit, P. (2008). Control de calidad de la miel de abejas producida como propuesta para un proyecto de servicio comunitario obligatorio. *Fuerza Farmacéutica* , 06-15.
- Ureña, M., Arrieta, E., Umaña, E., Zamora, L., & Arias, M. (2007). Evaluación de la posible adulteración de mieles de abeja comerciales de origen costarricense al compararlas con mieles artesanales provenientes de apiarios específicos. *ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN* , 57 (1).
- Uribe, L., Montoya, C., & Gómez, D. (2001). *Validación de la metodología por método estándar 3111 - Absorción atómica para el análisis de metales pesados en muestras de aguas y aguas residuales*. Recuperado el 19 de Marzo de 2015, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3141/1/5430858G633.pdf>.

- Valero, A., & Sánchez, J. (2012). *La rinitis y la rinoconjuntivitis*. Obtenido de <http://www.alergiafbva.es/alergia-respiratoria/11-la-rinitis-y-la-rinoconjuntivitis/>
- Vásquez, L. (2010). *Universidad Austral de Chile*. Recuperado el 10 de 05 de 2015, de Caracterización de mieles de San Pedro de Atacama basada en análisis físicos, químicos y melisopalinológicos: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fav335e/doc/fav335e.pdf>.