



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA DE QUÍMICA Y FARMACIA**



**MODALIDAD: INVESTIGACION**

**TEMA:**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (*Azadirachta indica*), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL”.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR POR EL GRADO DE QUÍMICO FARMACEUTICO**

**AUTORES:**

**OROZCO OROZCO KATHERINE LILIA**

**PONCE GUSQUI WILLIAM STEVEN**

**TUTOR(A):**

**Q.F. MARÍA JOSÉ MORALES ESTUPIÑAN M.SC.**

**AÑO:**

**2018**



**FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA**  
**UNIDAD DE TITULACIÓN**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Estudio comparativo de métodos de extracción de metales pesados en hojas de Neem ( <i>Azadirachta indica</i> ), como bioindicador ambiental		
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Katherine Lilia Orozco Orozco William Steven Ponce Gusqui		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	P.hD. Meribary Monsalve Paredes		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad de Guayaquil		
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>	Facultad de Ciencias Químicas		
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>	Química y Farmacia		
<b>GRADO OBTENIDO:</b>	Tercer Nivel – Química Farmacéutica		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	2018	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	94
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Investigación		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Azadirachta, métodos de extracción, metales pesados, calcinación, bioindicador ambiental.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	En el presente proyecto se compararon métodos de extracción de metales pesados en hojas de Neem ( <i>Azadirachta indica</i> ) utilizadas como bioindicador ambiental. Las zonas urbanas de muestreo seleccionadas fueron Plaza Colón, Av. Luis Vernaza y Loja, ubicadas en la ciudad de Guayaquil. Se demostró que la técnica de calcinación es la más adecuada debido a que presenta un mayor índice de recuperación de analitos. Los resultados obtenidos mediante AAS y ICP demostraron concentraciones promedio representativas para Zn (381.72 ppm), Ni (5.70ppm) y Cu (14.79 ppm), cuyos datos coinciden con los reportados en Brasil, tomando en cuenta que este país tiene una mayor contaminación del aire según la OMS. Estos valores señalan la contaminación de las zonas urbanas seleccionadas debido al tránsito vehicular y la eficacia de la hoja de Neem como bioindicador ambiental.		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTORES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0979492348 <b>Teléfono:</b> 0960864723	<b>E-mail:</b> katherine_orozco_28@hotmail.com <b>E-mail:</b> steven.ponce@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> SEDE CIENCIAS QUÍMICAS		
	<b>Teléfono:</b> 04-229-3680		
	<b>E-mail:</b> fcquimic@ug.edu.ec		

Guayaquil, 21 de Agosto del 2018

**Dr. CARLOS SILVA HUILCAPI**  
**DIRECTOR DE LA CARRERA**  
**FACULTAD CIENCIAS QUÍMICAS**  
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
Ciudad.-

De mis consideraciones:

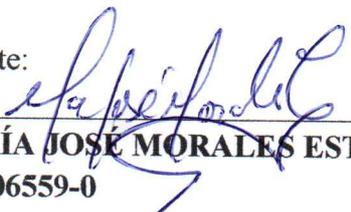
Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de **“ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (*Azadirachta indica*), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL”**. De los estudiantes **KATHERINE LILIA OROZCO OROZCO C.I. 094136910-0** y **WILLIAM STEVEN PONCE GUSQUI C.I. 095283554-4**, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- Las estudiantes demuestran conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que las estudiantes están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente:

  
\_\_\_\_\_  
**Q.F. MARÍA JOSÉ MORALES ESTUPIÑÁN. M.sc.**  
**C.I.: 091806559-0**



Guayaquil, 28 de agosto del 2018

Sr. /Sra. Sr. CARLOS JAIME SILVA GUILCAPI  
DIRECTOR (A) DE LA CARRERA/ESCUELA  
FACULTAD CIENCIAS QUÍMICAS  
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación **ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (Azadirachta indica), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL** del estudiante **OROZCO OROZCO KATHERINE LILIA**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

- El título tiene un máximo de 16 palabras.
- La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
- El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
- La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
- Los soportes teóricos son de máximo 5 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

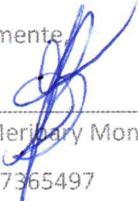
Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante **OROZCO OROZCO KATHERINE LILIA** está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Ph.D. Meribary Monsalve Paredes

C.I. 1757365497

Guayaquil, 28 de agosto del 2018

Sr. /Sra. Sr. CARLOS JAIME SILVA GUILCAPI  
DIRECTOR (A) DE LA CARRERA/ESCUELA  
FACULTAD CIENCIAS QUÍMICAS  
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación **ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (Azadirachta indica), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL** del estudiante PONCE GUSQUI WILLIAM STEVEN. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

- El título tiene un máximo de 16 palabras.
- La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
- El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
- La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
- Los soportes teóricos son de máximo 5 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante PONCE GUSQUI WILLIAM STEVEN está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente



Ph.D. Mercedes Monsalve Paredes

C.I. 1757365497

## CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado **Q.F. MARÍA JOSÉ MORALES ESTUPIÑAN. M.sc.** con **C.I.: 091806559-0** tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por, **KATHERINE LILIA OROZCO OROZCO C.I. 094136910-0** Y **WILLIAM STEVEN PONCE GUSQUI C.I. 095283554-4**. Con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de del título de Químicos y Farmacéuticos.

Se informa que el trabajo de titulación “**ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (*Azadirachta indica*), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL**”, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio “URKUND” quedando el 5% de coincidencia.

URKUND

### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** TESIS-MORALES-OROZCO-PONCE.docx (D40883162)  
**Submitted:** 8/20/2018 4:46:00 PM  
**Submitted By:** pablo.chaconm@ug.edu.ec  
**Significance:** 5 %

#### Sources included in the report:

AVELINO\_CARHUARICRA\_CARMEN\_GILDA\_DOCTORADO\_2017.pdf (D29779874)  
2874.- Poma Llantoy Víctor Raúl.pdf (D33803587)  
[http://www.ehu.es/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)  
[http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5918/Gutierrez\\_Martinez\\_Paulina\\_Beatriz.pdf?sequence=1](http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5918/Gutierrez_Martinez_Paulina_Beatriz.pdf?sequence=1)  
<https://neemxalapa.blogspot.com/>  
<http://salud-bienestar-nutricion.blogspot.com/2007/08/aceite-y-hojas-de-neem.html>

#### Instances where selected sources appear:

10

file:///C:/Users/tct/Downloads/Urkund%20Report%20-%20TESIS-MORALES-OROZCO-PONCE.docx%20 (D40883162).pdf

  
\_\_\_\_\_  
**Q.F. MARÍA JOSÉ MORALES ESTUPIÑAN. M.sc.**  
**C.I.: 091806559-0**



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS-MORALES-OROZCO-PONCE.docx (D40883162)  
Submitted: 8/20/2018 4:46:00 PM  
Submitted By: pablo.chaconm@ug.edu.ec  
Significance: 5 %

### Sources included in the report:

AVELINO\_CARHUARICRA\_CARMEN\_GILDA\_DOCTORADO\_2017.pdf (D29779874)  
2874.- Poma Llantoy Víctor Raúl.pdf (D33803587)  
[http://www.ehu.eus/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)  
[http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5918/Gutierrez\\_Martinez\\_Paulina\\_Beatriz.pdf?sequence=1](http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5918/Gutierrez_Martinez_Paulina_Beatriz.pdf?sequence=1)  
<https://neemxalapa.blogspot.com/>  
<http://salud-bienestar-nutricion.blogspot.com/2007/08/aceite-y-hojas-de-neem.html>

### Instances where selected sources appear:

10



A handwritten signature in blue ink, written over the stamp. The signature is cursive and appears to read "Pablo Chacon".



**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL  
USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

Nosotros, **KATHERINE LILIA OROZCO OROZCO** con C.I. 094136910-0 y **WILLIAM STEVEN PONCE GUSQUI** con C.I. 095283554-4 certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (*Azadirachta indica*), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL**” son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad y SEGÚN EL Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\*, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.

**KATHERIN LILIA OROZCO OROZCO.**  
C.I. 094136910-0

**WILLIAM STEVEN PONCE GUSQUI.**  
C.I. 095283554-4

\*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n.899-Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no.



---

## APROBACIÓN DEL TUTOR

Guayaquil, 21 de Agosto de 2018

En calidad de tutora del Trabajo de Titulación, Certifico: Que he asesorado, guiado y revisado el trabajo de titulación en la modalidad de investigación, cuyo título es **“ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (*Azadirachta indica*), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL”**, presentado por **KATHERINE LILIA OROZCO OROZCO** con C.I. 094136910-0 Y **WILLIAM STEVEN PONCE GUSQUI** con C.I. 095283554-4 previo a la obtención del título de Químico y Farmacéutico.

Este trabajo ha sido aprobado en su totalidad y se adjunta el informe de Antiplagio del programa URKUND, quedando el 5% de coincidencia. Lo Certifico.

---

**Q.F. MARÍA JOSÉ MORALES ESTUPIÑAN. M.sc.**  
C.I.: 091806559-0



**FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN**



Guayaquil, 29 de agosto del 2018

**CERTIFICACION DEL TUTOR REVISOR**

Habiendo sido nombrado **MERIBARY MONSALVE PAREDES**, tutor de trabajo de titulación “ESTUDIO COOMPARATIVO DE MÉTODOS DE EXTRACION DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (*Azadirachta indica*), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL” certifico que el presente trabajo de titulación, elaborado por **KATHERINE LILIA OROZCO OROZCO** con C.I. **094136910-0**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Químico-Farmacéutico, en la Carrera/Facultad, Ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.

  
\_\_\_\_\_  
P.h.D. Meribary Monsalve Paredes  
C.I. 175736549-7



**FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN**



Guayaquil, 29 de agosto del 2018

**CERTIFICACION DEL TUTOR REVISOR**

Habiendo sido nombrado **MERIBARY MONSALVE PAREDES**, tutor de trabajo de titulación “ESTUDIO COOMPARATIVO DE MÉTODOS DE EXTRACION DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (*Azadirachta indica*), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL” certifico que el presente trabajo de titulación, elaborado por **WILLIAM STEVEN PONCE GUSQUI** con C.I. **095283554-4**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Químico-Farmacéutico, en la Carrera/Facultad, Ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.

  
P.hD. Meribary Monsalve Paredes

C.I. 175736549-7



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN



## CERTIFICADO DEL TRIBUNAL

### Acta de registro de la sustentación oral

El Tribunal de Sustentación del Trabajo de Titulación de los Sres. **KATHERINE LILIA OROZCO OROZCO** con C.I. 094136910-0 y **WILLIAM STEVEN PONCE GUSQUI** con C.I. 095283554-4, después de ser examinado en su presentación, memoria científica y defensa oral, da por aprobado el Trabajo de Titulación.

PhD. MERIBARY MONSALVE PAREDES  
PRESIDENTE-MIEMBRO 1 DEL TRIBUNAL

PhD. PABLO CHACÓN MORALES  
DOCENTE-MIEMBRO 2 DEL TRIBUNAL

Q.F. KATHERINE BUSTAMANTE, M.Sc  
DOCENTE-MIEMBRO 3 DEL TRIBUNAL

Ab. FRANCISCO PALOMEQUE ROMERO, Mgs.  
SECRETARIO GENERAL  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS.



**CARTA DE AUTORÍA DEL TRABAJO:**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (*Azadirachta indica*), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL”**

Guayaquil, 21 de Agosto de 2018

Yo, **KATHERINE LILIA OROZCO OROZCO**, autora de este trabajo declaro ante las autoridades de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil, que la responsabilidad del contenido de este **TRABAJO DE TITULACIÓN** me corresponde a mí exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil.

Declaro también es de mi autoría, que todo el material escrito, salvo el que está debidamente referenciado en el texto. Además, ratifico que este trabajo no ha sido parcial ni totalmente presentado para la obtención de un título, ni en una Universidad nacional, ni una extranjera.

**KATHERIN LILIA OROZCO OROZCO**  
C.I.:094136910-0



**CARTA DE AUTORÍA DEL TRABAJO:**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (*Azadirachta indica*), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL”**

Guayaquil, 21 de Agosto de 2018

Yo, **WILLIAM STEVEN PONCE GUSQUI**, autor de este trabajo declaro ante las autoridades de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil, que la responsabilidad del contenido de este **TRABAJO DE TITULACIÓN** me corresponde a mí exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil.

Declaro también es de mi autoría, que todo el material escrito, salvo el que está debidamente referenciado en el texto. Además, ratifico que este trabajo no ha sido parcial ni totalmente presentado para la obtención de un título, ni en una Universidad nacional, ni una extranjera.

**WILLIAM STEVEN PONCE GUSQUI**  
C.I.:095283554-4

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a Dios, por estar siempre allí en todo momento, por su amor y bondad, y por qué siempre de una u otra manera me ha demostrado que siempre estará allí para mí dándome su apoyo en todo momento

Agradezco a mis padres ya que sin ellos esto no fuera posible, gracias su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera, por su esfuerzo y dedicación.

Agradezco al Q.F María José Morales, por darme el honor de haber sido su tutorada en la tesis, ya que con su amor, cariño y comprensión, estuvo ayudándonos en todo momento, sobre todo agradecerle por paciencia y tiempo brindado, a la Dra. Cinthya Chalen por brindarme su cariño su generosidad y amabilidad.

Le agradezco a mi novio, Lenin López y a toda su familia por todo el apoyo, amor, paciencia y comprensión durante toda la carrera, a mi Abuelito Gonzalo Orozco que en paz descansa, quien siempre supo apoyarme en las buenas y las malas y sé que desde donde se encuentre estará muy orgulloso, a mi Abuelita Lucila Orozco quien me apoyo desde siempre de una u otra manera. Agradezco a todos mis familiares y conocidos que me han sabido brindar su apoyo, siendo un pilar fundamental en mi vida.

**KATHERINE LILIA OROZCO OROZCO**

## **AGRADECIMIENTO**

Siempre en primer lugar, gracias a Dios, porque Él me permite estar vivo en el día de hoy para poder disfrutar de todo el éxito de culminación de mi carrera profesional. No hay nada más grato que hacer todo lo que te propongas con Amor, con Fe y Esperanza.

Gracias a mi mamá Mariana de Jesús Gusqui, a mi papá William Santiago Ponce, y, a mis hermanos Jordán De Jesús y Pamela Katherine por ser pilares fundamentales en mi vida, me han dado su amor incondicionalmente y me han apoyado siempre impulsándome a seguir con mis estudios y a seguir perseverando en esta vida, todo el esfuerzo que ellos han hecho por mí, se ve reflejado en este éxito profesional.

Gracias a mi Novia Mishell Yadira, por ver en mí una persona inteligente y capaz de lograr todo lo que me proponga, ella ha estado en malos momentos y buenos momentos durante mi carrera estudiantil, apoyándome siempre con Amor en lo que más pueda.

Gracias a la Dra. María José Morales por toda la ayuda que ella nos ha dado, gracias por acogernos como sus alumnos tutorados, por toda la perseverancia, paciencia y amor que nos ha tenido. Gracias a mi compañera Katherine por todo su esfuerzo empleado en esta tesis.

**WILLIAM STEVEN PONCE GUSQUI**

## **DEDICATORIA**

Dedico todo este esfuerzo y sacrificio a mis padres, quienes me enseñaron a seguir sin importar que duro y difícil sea el camino, mis hermanos, quienes con sus diferentes cualidades supieron darme ánimos en cada etapa de mi carrera, mi novio y todos mis familiares y conocidos quienes de una u otra manera me brindaron su apoyo incondicional.

KATHERINE LILIA OROZCO OROZCO

## **DEDICATORIA**

Dedico esta Tesis principalmente a Dios y a mi Familia por darme todo el apoyo necesario para culminar mi carrera profesional.

A mi enamorada, amigos y amigas que se han mantenido conmigo en los malos y buenos momentos durante esta carrera profesional.

A todas las personas, Doctores, Doctoras, profesores y profesoras que nos impulsaron a tener éxito en todo lo que nos proponíamos, a enseñarnos valores personales y profesionales.

WILLIAM STEVEN PONCE GUSQUI

# **“ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS EN HOJAS DE NEEM (*Azadirachta indica*), COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL”**

**Autores:** Katherine Lilia Orozco Orozco

William Steven Ponce Gusqui

**Tutora:** Q.F. María José Morales Estupiñan Ms.c

## **RESUMEN**

En el presente proyecto se compararon métodos de extracción de metales pesados en hojas de Neem (*Azadirachta indica*) utilizadas como bioindicador ambiental. Las zonas urbanas de muestreo seleccionadas fueron Plaza Colón, Av. Luis Vernaza y Loja, ubicadas en la ciudad de Guayaquil. Se demostró que la técnica de calcinación es la más adecuada debido a que presenta un mayor índice de recuperación de analitos. Los resultados obtenidos mediante AAS y ICP demostraron concentraciones promedio representativas para Zn (381.72 ppm), Ni (5.70ppm) y Cu (14.79 ppm), cuyos datos coinciden con los reportados en Brasil, tomando en cuenta que este país tiene una mayor contaminación del aire según la OMS. Estos valores señalan la contaminación ambiental existente en las zonas urbanas seleccionadas debido al tránsito vehicular y también demuestra la eficacia de la hoja de Neem como bioindicador ambiental.

Palabras clave: *Azadirachta*, Métodos de extracción, Metales pesados, Calcinación, Bioindicador ambiental.

**"COMPARATIVE STUDY OF METHODS OF EXTRACTION OF HEAVY METALS IN SHEETS OF NEEM (*Azadirachta indica*), AS AN ENVIRONMENTAL BIOINDICATOR"**

**Authors: Katherine Lilia Orozco Orozco**

**William Steven Ponce Gusqui**

**Tutor: Q.F. María José Morales Estupiñan Ms.c**

**ABSTRACT**

In the present project, heavy metal extraction methods were compared in Neem leaves (*Azadirachta indica*) used as environmental bioindicator. The urban sampling areas selected were Plaza Colón, Av. Luis Vernaza and Loja, located in the city of Guayaquil. It was demonstrated that the calcination technique is the most adequate because it has a higher rate of recovery of analytes. The results obtained by AAS and ICP showed average representative concentrations for Zn (381.72 ppm), Ni (5.70ppm) and Cu (14.79 ppm), whose data coincide with those reported in Brazil, taking into account that this country has a greater contamination of the air according to OMS. These values indicate the environmental contamination existing in the selected urban areas due to vehicular traffic and also demonstrate the effectiveness of the Neem leaf as an environmental bioindicator.

Key words: *Azadirachta*, Extraction methods, Heavy metals, Calcination, Environmental bioindicator

## INDICE

<b>CAPITULO I:</b> .....	14
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	14
<b>1.1 JUSTIFICACION</b> .....	17
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	18
<b>1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	18
<b>1.4 OBJETIVOS</b> .....	19
<b>1.4.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	19
<b>1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	19
<b>1.5 VARIABLES.</b> .....	20
<b>CAPITULO 2: MARCO TEORICO</b> .....	21
<b>2.1. ANTECEDENTES</b> .....	21
<b>2.2 BASES TEÓRICAS</b> .....	24
<b>2.2.1 NEEM</b> .....	24
<b>2.2.1.2 GENERALIDADES</b> .....	24
<b>2.2.1.3 USOS DEL NEEM</b> .....	25
<b>2.2.1.4 INTRODUCCIÓN DE NEEM EN GUAYAQUIL</b> .....	26
<b>2.2.1.5 ECOLOGÍA</b> .....	26
<b>2.2.1.6 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA</b> .....	27
<b>2.2.1.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA</b> .....	27
<b>2.2.1.8 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA PLANTA</b> .....	28
<b>2.2.2 BIOINDICADORES</b> .....	29
<b>2.2.3 CONTAMINANTES VEHICULARES.</b> .....	29
<b>2.2.3.1 GASOLINA</b> .....	30
<b>2.2.3.2 DIÉSEL</b> .....	31
<b>2.2.3.3 GAS</b> .....	32
<b>2.2.4 METALES PESADOS</b> .....	32
<b>2.2.4.1 CADMIO (Cd)</b> .....	33
<b>2.2.4.2 PLOMO (Pb)</b> .....	33
<b>2.2.4.3 ARSÉNICO (As)</b> .....	34
<b>2.2.4.4 MANGANESO (Mn)</b> .....	34
<b>2.2.4.5 NIQUEL (Ni)</b> .....	35
<b>2.2.4.6 COBRE (Cu)</b> .....	35
<b>2.2.4.7 CROMO (Cr)</b> .....	36
<b>2.2.4.8 ZINC (Zn)</b> .....	36
<b>2.2.5 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN LOS METALES PESADOS</b> .....	37
<b>2.2.5.1 MÉTODOS POR VÍA SECA</b> .....	37
<b>2.2.5.2 MÉTODOS POR VÍA HÚMEDA.</b> .....	38
<b>2.2.5.3 EXTRACCIÓN ACUOSA (INFUSIÓN)</b> .....	39
<b>2.2.6 TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS</b> .....	39
<b>2.2.6.1 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA</b> .....	40
<b>2.2.6.2 ICP-OES</b> .....	41

<b>2.2.7 METALES Y NO METALES TÓXICOS</b> .....	43
<b>2.2.7.1 METALES Y NO METALES TÓXICOS EN EL AIRE</b> .....	43
<b>2.2.7.2 METALES Y NO METALES TÓXICOS EN LAS PLANTAS</b> .....	43
<b>2.2.7.3 METALES Y NO METALES TÓXICOS EN EL SUELO</b> .....	44
<b>2.2.8 NORMATIVAS</b> .....	44
<b>2.2.8.1 NORMAS AMBIENTALES DE LA CALIDAD DEL AIRE</b> .....	44
<b>2.2.8.2 ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE (NAAQS) DE LOS ESTADOS UNIDOS (U.S.) Y AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA)</b> .....	45
<b>2.2.8.3 CONTROL DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL</b> .....	46
<b>2.2.8.4 NORMAS VIGENTES DE CALIDAD DE PLANTAS HERBALES</b> .....	47
<b>CAPITULO 3: METODOLOGÍA</b> .....	48
<b>3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	48
<b>3.2 MATERIALES, REACTIVOS, EQUIPOS Y APARATOS</b> .....	49
<b>3.3 MUESTRA</b> .....	49
<b>3.3.1 VERIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ÁRBOL DE NEEM</b> .....	51
<b>3.3.2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRA</b> .....	52
<b>3.3.3 SECADO DE MUESTRA</b> .....	52
<b>3.3.4 PROCESO DEL TRATAMIENTO DE LA MUESTRA</b> .....	52
<b>3.4 METODOLOGÍA</b> .....	53
<b>3.4.1 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS</b> .....	53
<b>3.4.1.1 EXTRACCIÓN ACUOSA (INFUSIÓN)</b> .....	53
<b>3.4.1.2 DIGESTIÓN VÍA HÚMEDA</b> .....	53
<b>3.4.1.3 CALCINACION (DIGESTIÓN POR VÍA SECA).</b> -.....	53
<b>CAPITULO 4: INTERPRETACION DE RESULTADOS</b> .....	54
<b>4.1 VERIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ÁRBOL DE NEEM</b> .....	54
<b>4.2 CONDICIONES AMBIENTALES</b> .....	55
<b>4.3 COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN</b> .....	56
<b>CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	71
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Definición operacional de las variables.....	23
Tabla II: Composición química del Neem.....	24
Tabla III: Clasificación de los tipos de espectrofotometría.....	36
Tabla IV: Ventajas y Desventajas entre el ICP-OES y AAS (Atomic absorption spectrophotometry) de Llamas.....	37
Tabla V Límites máximos de permitidos de metales en el aire establecidos por la agencia de protección ambiental (EPA) .....	41
Tabla VI Tabla comparativa de los niveles máximos permisibles en plantas herbales establecida por la OMS / FDA.....	43
Tabla VII: Listado de metales analizados.....	46
Tabla VIII: Ubicación e identificación de los puntos de muestreo.....	46
Tabla IX: Descripción Taxonómica del Árbol de Neem.....	50
Tabla X: Tabla comparativa entre los métodos de extracción para la determinación de Zinc mediante ICP-OES (primera semana).....	53
Tabla XI Concentraciones de Zinc (mg/kg) obtenidas mediante AAS en la 2da, 3era y 4ta semana) - Calcinación.....	55
Tabla XII: Concentración de metales obtenidos por semana – Calcinación.....	60
Tabla XIII Tabla Comparativa de concentraciones de metales pesados en hojas de plantas en diferentes países (Artículos entre 2011-2017).....	63

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1: concentración de Zn Semana 2, 3 y 4 (Muestras Puntuales PC).....	55
Grafico 2: concentración de Zinc Semana 2, 3 y 4 (Muestras Compuesta PC).....	55
Grafico 3: Concentración de Zinc Semana 2,3 y 4 (Muestras Compuestas LV).....	56
Gráfico 4: Concentración Semanal de Zn.....	57
Gráfico 5: Concentración Semanal de Ni.....	58
Gráfico 6: Concentración de Cobre por semana.....	61
Gráfico 7: Concentración de Zinc por semana.....	61
Gráfico 8: Concentración de Niquel por semana.....	61
Gráfico 9: Concentración de Cromo por semana.....	61
Gráfico 10: Concentración de Manganeso por semana.....	62
Gráfico 11: Concentración Total de metales.....	62

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Descripción Botánica del árbol de Neem realizado Por la Facultad de Ciencias Naturales e de la Universidad de Guayaquil.....	74
Anexo 2 Reconocimiento de áreas seleccionadas Plaza Colón.....	75
Anexo 3 Reconocimiento de áreas seleccionadas Plaza Colón y Pedro Carbo y Luis Vernaza; calle Loja.....	75
Anexo 4 Recolección de muestra en Plaza Colón.....	76
Anexo 5 Recolección de muestra en Luis Vernaza; calle Loja.....	77
Anexo 6: Presencia de Hollín durante la recolección de las muestras.....	77
Anexo 7 Ficha de Recolección de Azadirachta indica en la zona urbana de Guayaquil.....	78
Anexo 8 Representa las condiciones ambientales (Temperatura y Humedad), bajo las cuales estaban sometidas las muestras durante su recolección en los puntos de muestreos seleccionados.....	79
Anexo 9 Tratamiento de la muestra (Deshoje, Secado, Trituración y Almacenamiento).....	80
Anexo 10 Análisis de la muestra (Métodos de extracción: Extracción acuosa, Digestión por vía húmeda, calcinación).....	81
Anexo 11 Curvas de calibración de Cd (55-6000ppm), Pb (50-1000 ppm), Mn (5-5000 ppm), Cu (5-5000 ppm), Cr (5-5000 ppm), Ni (5-5000 ppm), Zn (5-5000 ppm), As (50-1000 ppm).....	82
Anexo 12: Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana estufa-calcinación analizados mediante ICP-OES.....	84
Anexo 13: Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana estufa-Digestión vía húmeda analizados mediante ICP-OES.....	85
Anexo 14: Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana estufa-infusión analizados mediante ICP-OES.....	86

Anexo 15: Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana sol-infusión analizados mediante ICP-OES.....	87
Anexo 16 Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana sol-Digestión vía húmeda analizados mediante ICP-OES.....	88
Anexo 17: Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana sol-calcinación analizados mediante ICP-OES.....	89
Anexo 18: Resultados de la concentración de cromo en muestras de la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación analizados mediante AAS.....	90
Anexo 19: Resultados de la concentración de Zinc en muestras de la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación analizados mediante AAS.....	91
Anexo 20: Resultados de la concentración de cromo en muestras de la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación (ASS).....	92
Anexo 21: Resultados de la concentración de Níquel en muestras de la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación analizados mediante AAS.....	93
Anexo 22: Resultados de la concentración de Manganeso en muestras de la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación analizados mediante AAS.....	94

## **CAPITULO I:**

### **1. INTRODUCCION**

La contaminación ambiental y específicamente la contaminación del aire constituye en la actualidad uno de los principales problemas ambientales dentro de las zonas urbanas, en los países desarrollados o en vías de desarrollo. Como principales fuentes de contaminación se pueden considerar las industrias y vehículos a motor (Illicachi, 2015).

En el caso de las industrias, la industria química es una de las principales fuentes contaminantes ya que en ella se llevan a cabo procesos que involucran la combustión (por ejemplo, combustión de petróleo en automóviles o calefacciones). Los gases contaminantes resultantes de estos procesos se incorporan en la atmosfera y resultan muy perjudiciales para la salud humana y para la vida vegetal o animal (Toufik, 2013).

A pesar de que en la actualidad aún existe incertidumbre acerca de los efectos provocados por las diferentes especies químicas, la mayoría de los estudios apuntan que el mayor impacto en la salud viene causado por las partículas de carbono elemental (CE), compuestos orgánicos (CO), especialmente hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), sulfatos y nitratos, y determinados metales como As, Cd, Fe, Zn, Cr, Cu, Al, V, Ni y Pb (Machado & et.al., 2008).

En Ecuador la contaminación de la atmósfera se presenta mayoritariamente en las grandes ciudades como Guayaquil, Quito y Cuenca, sitios donde se evidencia gran población urbana. La contaminación en estas zonas del país es generada principalmente por la circulación de transportes públicos y privados, en malas condiciones mecánicas (Illicachi, 2015).

Actualmente la gran mayoría de vehículos motorizados utilizan combustibles fósiles (gasolina-Diésel, principalmente) cuyo uso permite la emisión en general de un mismo grupo de contaminantes, aunque en cantidades y proporciones diferentes según el combustible y las condiciones de combustión (Illicachi, 2015).

Algunas de las medidas que ha tomado el Gobierno Nacional hasta ahora es la implementación del Impuesto Ambiental a la Contaminación (IACV) vigente desde el 24 de noviembre de 2011, que tiene como finalidad generar una cultura ambiental entre los usuarios de los vehículos (Salas, 2016).

El contar con una red de monitoreo en las diferentes ciudades es primordial, pero requiere de mucha inversión, por esta razón algunas de ellas han optado por usar las plantas como bioindicadores para evaluar el impacto de las fuentes de contaminación atmosférica. (Lawal, Batagarawa, & Oyeyinka, 2011). Algunas especies de plantas son sensibles a los contaminantes atmosféricos, esta característica resulta interesante para que se utilicen como bioindicadores ambientales (Onwuka & Albert, 2016).

El Neem (*Azadirachta indica A. Juss*) es una de las especies de árboles tropicales más versátiles conocidas en la India desde el período 1500 aC-600 aC. Estudios realizados en Nigeria en el año 2011 indican que las cortezas de este árbol se pueden utilizar como bioindicadores, bioacumuladores y biomonitores, gracias a que tienen propiedades de acumular altas concentraciones de metales que le sirven para proporcionar información

cuantitativa sobre la contaminación en el entorno circundante. (Lawal, Batagarawa, & Oyeyinka, 2011).

La (*Azadirachta indica*) es una herramienta para el biomonitoreo de metales debido a su rápido crecimiento y su gran altura ya que interceptan contaminantes provenientes de la deposición atmosférica. Las hojas de Neem tienen una buena y alta capacidad adsorbativa. (Patel, 2015) (Babayo, 2015)

En estudios realizados en Nigeria se estimaron los niveles de Pb, Cr, Zn, Cu, Mn y Ni presentes en las hojas del árbol Neem expuestas a las emisiones de vehículos de motor a lo largo de Katsina -Dutsinma - carretera Funtua, en el estado de Katsina de Nigeria. En dicha investigación se demostró la presencia de los metales más peligrosos como Pb y Ni. (Lawal, Batagarawa, & Oyeyinka, 2011).

Los métodos de extracción implementados para determinar metales pesados en este tipo de matriz (hojas) son la digestión por vía húmeda y seca (calcinación), y extracción acuosa (infusión). El objetivo principal de estas metodologías de extracción es destruir la matriz orgánica para proceder al análisis del analito. (Alatzne, 2008).

Estos métodos de extracción mencionados tienen ventajas tales como: se requiere de poco volumen de reactivos, permiten mineralizar grandes cantidades de muestra, se emplea

instrumentación simple y se necesita poca manipulación y en ciertos casos reduce la posible pérdida de elementos volátiles (Alatzne, 2008).

Importantes avances se han producido en los últimos años en la instrumentación analítica, pero, no hay ningún progreso en las técnicas de preparación de muestras, debido a diferentes razones como: no se ha establecido un procedimiento general para la extracción de metales pesados en matriz vegetal, la diversidad de los elementos a determinar, y la gran variedad de métodos analíticos aplicables. Por estas razones se realizará un estudio comparativo entre los diferentes métodos de extracción que permitirá evaluar el método de extracción más adecuado para la determinación de concentraciones de metales pesados que se encuentren en las hojas de Neem (Alatzne, 2008).

## **1.1 JUSTIFICACION**

La contaminación del aire constituye en la actualidad uno de los principales problemas ambientales dentro de las zonas urbanas. La incorporación de las emisiones de gases a la atmósfera resultantes de procesos de combustión de petróleo en automóviles es considerada una de las fuentes más importantes de la contaminación atmosférica. La mayoría de los estudios apuntan que el mayor impacto en la salud viene causado por determinados metales como As, Cd, Fe, Zn, Cr, Cu, Al, V, Ni y Pb y de otras partículas.

En el territorio ecuatoriano no se cuenta con información precisa del estado de la calidad del aire. La única ciudad que posee una red de monitoreo ambiental de ciertos contaminantes es Quito, mientras que en Guayaquil sólo se han realizado estudios atmosféricos entre 1970 -

1990 y en el 2003. El contar con una red de monitoreo en las diferentes ciudades es primordial, pero requiere de mucha inversión, es por esta razón que algunos países han optado por usar las plantas como bioindicadores ambientales para evaluar el impacto de una fuente de contaminación atmosférica.

La investigación permitirá hacer un estudio comparativo entre metodologías de extracción para metales pesados, estimar el nivel de acumulación de estos en las hojas de Neem expuestas en una de las áreas de la zona céntrica de la ciudad de Guayaquil y correlacionar la concentración de metales pesados encontrados con las normas ambientales vigentes.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Se han reportado estudios en que el árbol de Neem se puede utilizar como un bioindicador ambiental ya que posee la capacidad de acumular altas cantidades de metales. A la vez varios métodos de extracción (digestión por vía húmeda y seca, calcinación y extracción acuosa) han sido implementados para determinar este tipo de analitos en plantas, pero no se ha realizado un estudio comparativo en conjunto, lo que conlleva a plantear la siguiente problemática:

## **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Se podrá corroborar la función de las hojas de Neem (*Azadirachta indica*) como bioindicador ambiental a partir de diferentes métodos de extracción para metales pesados?

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar métodos de extracción de metales pesados que permitirán demostrar la eficacia de las hojas de Neem (*Azadirachta indica*) como bioindicador ambiental.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Caracterizar mediante estudios botánicos la especie estudiada *Azadirachta indica*.
- Comparar métodos de extracción de metales pesados a partir de extractos provenientes de las hojas de Neem (*Azadirachta indica*).
- Correlacionar la concentración de metales pesados encontrados con las normas ambientales vigentes.

## 1.5 VARIABLES.

**Independiente:** Tiempo de digestión, tiempo de infusión, tiempo de calcinación, tiempo y temperatura de secado de hojas en estufa, tiempo y secado de hojas por sol, tipos de ácidos, Cantidad de muestra

**Dependiente:** Concentración de metales pesados en hojas

**Interviniente:** Lugares de recolección de la muestra, condiciones ambientales, concentración de metales del suelo

### DEFINICION OPERACIONAL

**Tabla I Definición operacional de las variables**

	<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>
<b>INDEPENDIENTE</b>	Tiempo de digestión Tiempo de infusión Tiempo de calcinación. Tiempo y temperatura de secado de hojas en estufa. Tiempo y secado del secado de hojas por sol. Tipos de ácidos Cantidad de muestra.	Tiempo efectivo necesario para la infusión, digestión y calcinación de las muestras. Tiempo y temperatura necesarios para el secado de las hojas. Propiedades fisicoquímicas de los ácidos. Peso de la muestra necesaria para extracción efectiva.	Gramos, minutos y mililitros
<b>DEPENDIENTE</b>	Concentración de metales pesados en hojas	Cantidad de metales seleccionados presentes en un determinado peso de muestra	mg/kg de Peso
<b>INTERVINIENTE</b>	Lugares de recolección de la muestra  Condiciones ambientales  Concentración de metales del suelo	Ubicación de los puntos de muestreo correspondiente  Control de parámetros, como temperatura, humedad y precipitación  Cantidad de metales pesados en suelo.	Origen  °C; %  mg/Kg de Peso

## **CAPITULO 2: MARCO TEORICO**

### **2.1. ANTECEDENTES**

Las plantas absorben y acumulan altas concentraciones de metales pesados atmosféricos, estos se pueden depositar tanto en sus órganos vegetativos como reproductivos (Oviedo, Anchundia, Moina, & Naranjo, 2010).

Debido a su capacidad de absorción, diversas especies son utilizadas como bioindicadores, para proporcionar información sobre la calidad del aire e identificar las fuentes de emisión de contaminantes a bajo costo (Lawal, Batagarawa, & Oyeyinka, 2011). Un ejemplo de estas plantas es el Neem.

En la Universidad de Gauhati se realizaron estudios donde demuestran que el polvo de las hojas de Neem son muy eficaces adsorbiendo el ion cromo VI in vitro. El proceso de adsorción utilizado en esta investigación siguió una cinética de primer orden e isothermas de Freundlich y Langmuir, determinando que una pequeña cantidad del polvo de hoja de Neem (1,6-3 g) elimino un 87% de cromo VI en 300 min, y en varias ocasiones elimino un 100%. Los coeficientes de adsorción indican un alto potencial del polvo de las hojas de Neem para ser utilizado como un adsorbente y eliminador de (cromo VI) en el agua. (Bhattacharyya, 2014).

Venkata et al., (2005) utilizó un proceso específico para la eliminación de un elemento tóxico (cromo VI) por adsorción, usando como adsorbente el polvo de las hojas de Neem. En esta

investigación se obtuvieron porcentajes de eliminación que varían desde un 58% hasta un 65% en 30 minutos. Con 2 g de polvo adsorbente de Neem, la exclusión de cromo aumentó desde 65% hasta 94,5% en 4,5 horas (Bhattacharyya, 2014).

En Ecuador los problemas ambientales relacionados con la calidad del aire se presentan en las grandes ciudades, especialmente en Quito, Guayaquil y Cuenca, donde se evidencia una gran población urbana e industrias manufactureras. La contaminación atmosférica urbana en Ecuador es generada principalmente por el tránsito vehicular responsable de las emisiones de los principales contaminantes del aire (Fontaine, Narváez, & Cisneros, 2008).

En la ciudad de Guayaquil, en el año 2003 se efectuó un estudio sobre la calidad del aire, las emisiones vehiculares y la calidad de los combustibles que se expenden en esa ciudad. Las mediciones se efectuaron en 51 puntos de la ciudad, se caracterizaron las emisiones de los tubos de escape de 649 vehículos y se analizaron muestras de gasolina de diferentes estaciones de servicio. Los niveles de contaminación fueron evaluados en función del índice de calidad ORAQUI (Fontaine, Narváez, & Cisneros, 2008).

El índice ORAQUI se fundamenta en normas de calidad promulgadas por la EPA (Environmental Protection Agency), y se representa mediante la ecuación:  $ORAQUI = (5,7 S_{Ci} / S_i)^{1,37}$ , donde:  $C_i$  = concentración del contaminante;  $S_i$  = Norma EPA del contaminante. El coeficiente es 5,7 y el exponente 1,37 se utilizan para calibrar el índice, de modo que, en ambientes no contaminados, el índice ORAQUI = 10, y en medios muy contaminados, puede pasar de 100. (Fontaine, Narváez, & Cisneros, 2008).

Los gases monitoreados fueron monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, aromáticos (Benceno, Tolueno, Xileno), compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos aromáticos policíclicos, material particulado, límites de explosividad y ruido. Mediante el empleo del índice ORAQUI se determinó que la calidad del aire de Guayaquil es “aceptable”, aunque se presenten valores que oscilan entre 30 y 100. Además, se concluyó que las condiciones urbanísticas y geográficas de la ciudad facilitan la dispersión de contaminantes debido a la inexistencia de zonas o puntos muertos donde se acumulan y confinan dichos contaminantes (Fontaine, Narváez, & Cisneros, 2008).

Un estudio realizado en Ljubljana, Eslovenia basado en la determinación de las concentraciones de metales pesados en las plantas expuestas a diferentes grados de contaminación utilizando ICP-OES<sup>1</sup>, mostró altas concentraciones de Cd ( $<0,54\mu\text{g/g}$ ), Zn ( $121 \pm 3\mu\text{g/g}$ ), Fe ( $167 \pm 2\mu\text{g/g}$ ) Pb ( $<1,8\mu\text{g/g}$ ) en una zona al borde de la carretera 1. Las altas concentraciones de algunos metales pesados se determinaron en las muestras de plantas sin lavar, como resultado de la exposición a aerosoles<sup>2</sup>. (Fresenius & Chem, 2005).

Investigaciones realizadas en Nigeria destacaron que la contaminación se agrava aún más por la realidad de la creciente importación a gran escala de vehículos viejos / bastante utilizados para su uso en las carreteras. En consecuencia, puede dar lugar a la acumulación de niveles tóxicos o bioacumulación en los ecosistemas. (Lawal, Batagarawa, & Oyeyinka, 2011).

---

<sup>1</sup> Técnica de espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado por inducción

<sup>2</sup> Se denomina aerosol a un coloide de partículas sólidas o líquidas suspendidas en un gas.

En las carreteras de Katsina y Funtua (ciudades ubicadas en Nigeria) se determinaron concentraciones de Ni, Zn, Mn, Cu, Cr y Pb en hojas de Neem por medio de un espectrofotómetro de absorción atómica. Las muestras de Katsina mostraron las concentraciones más altas de Zn, Ni y Pb, mientras que las muestras de Funtua revelaron los valores más altos de Cu y Cr. (Lawal, Batagarawa, & Oyeyinka, 2011).

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 NEEM**

El Neem, es un árbol de hoja perenne, robusta, siempre verde, de rápido crecimiento, corteza gruesa y copa redonda, que alcanza una altura de hasta 20 metros en su etapa adulta, con un diámetro de copa de hasta 10 metros. Logra su máxima producción de frutos a los 10 años (50 kg/árbol/año) y llegan a vivir más de 100 (Ledesma & Ledesma, 2012).

El árbol Neem, también llamado Neem o Margosa, pertenece a la familia de las meliáceas. El nombre latino de Neem es *Azadirachta indica* y se deriva del persa, que significa literalmente: "El Árbol Libre de la India" (Lawal, Batagarawa, & Oyeyinka, 2011).

#### **2.2.1.2 GENERALIDADES**

El árbol de Neem es nativo del subcontinente hindú y de los países asiáticos, en donde lo han utilizado tradicionalmente para múltiples utilidades tanto medicinales como industriales. El origen exacto de esta especie es incierto, mencionándose todo el subcontinente hindú, Tailandia, Malasia e Indonesia (Hidalgo, 2002).

### **2.2.1.3 USOS DEL NEEM**

Es reconocido en la India como "La farmacia del pueblo", ya que mejora los distintos escenarios de enfermedades y desordenes, desde la mala dentadura y llagas hasta úlceras, malaria y alteraciones de los niveles de glucosa, colesterol y triglicéridos en la sangre (Gardea, 2014).

La variedad de usos del Neem para tratar enfermedades humanas, revitalizar el sistema inmunológico y fortalecer la salud es casi inagotable. Esta planta es posiblemente uno de los más poderosos purificadores y desintoxicantes de la sangre (Gardea, 2014).

La corteza, las semillas, las hojas, los frutos y el aceite del árbol de Neem contienen sustancias responsables de los excelentes beneficios de esta planta excepcional. Entre las cualidades terapéuticas podemos destacar: antiviral, antipirético, antiansiedad, antimicrobial, antiinflamatorio, antihelmíntico, antifúngico, antitumoral, antidiabético, anticonceptivo, sedativo, estimulante del sistema inmune, antibacterial y analgésico (Gardea, 2014).

Los productos derivados del Neem son considerados como los componentes más importantes de la medicina ayurvédica, y se prescriben especialmente para enfermedades de la piel (Lawal, Batagarawa, & Oyeyinka, 2011).

#### **2.2.1.4 INTRODUCCIÓN DE NEEM EN GUAYAQUIL**

Debido a la demanda de madera en Ecuador tanto en el sector artesanal como industrial se requirió la importación de Neem. El país consta con alrededor de 3 millones de hectáreas de reforestación, en las cuales se implementaron 50 hectáreas de una reserva ecológica en la Península de Santa Elena para la implantación de árbol de Neem ya que su periodo de crecimiento es de 3 a 4 años (Montúfar, Olaya, & Moreno, 2010).

Se han realizado implantaciones de árbol de Neem en Guayaquil en distintos sectores urbanos como: en la calle Loja, dentro de la calle Julián Coronel, Plaza Colón, Parque alfa de Bucaram, Complejo Deportivo Jaime Nebot, Parque aledaño a la Av. Barcelona, en los alrededores de la Universidad de Guayaquil, entre otros, con fines decorativos y para proporcionar sombra en estos sitios determinados (Cornejo, 2018).

#### **2.2.1.5 ECOLOGÍA**

Fue en Estados Unidos que se iniciaron las evaluaciones sobre la capacidad de los productos extraídos de la semilla de Neem para matar insectos. Muchas plagas de insectos pueden sufrir los efectos de la *Azadirachta*, incluyendo ácaros, escarabajos, orugas, insectos chupadores como los pulgones, cochinillas o la mosca blanca (Conrick, 2001).

Los extractos naturales obtenidos de la semilla del árbol de Neem son el ingrediente fundamental en los nuevos productos comerciales registrados por la Agencia de Protección de Medio Ambiente para el control de plagas y enfermedades en Estados Unidos (Conrick, 2001).

### 2.2.1.6 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El árbol de Neem puede llegar a medir 10 metro de alto y 50 de DAP (diámetro a la altura del pecho), sus hojas pueden ser imparipinnadas o aparentemente paripinnadas, espiraladas, 20-50 cm de longitud, con peciolo alrededor de 8-15 cm; foliolos opuestos. Hasta subopuestos, lanceolados-asimétricos y curvos, 5-9 x 2-3 cm, papiráceos, base fuertemente oblicua, ápice acuminado, margen dentado, glabros en ambos lados; peciólulos 1-5 mm.; cáliz 5-lobulado; pétalos 5, libres; tubo estaminal ca. 5 mm. Fruto una drupa oblongo-elíptica, alrededor de 2 x 1.3 cm, lisa, verdosa-amarillenta al madurar, glabra: semilla (Tabla I) (Cornejo, 2018).

**Tabla I: Morfometría del árbol de Neem**

<b>Altura</b>	<b>10 m</b>
<b>Diámetro</b>	<b>50 DAP</b>
<b>Hojas</b>	<b>Imparipinadas o paripinadas, espiraladas</b>
<b>Peciolo</b>	<b>8-15 cm</b>
<b>Ápice</b>	<b>Acuminado</b>
<b>Margen de hojas</b>	<b>Dentadas</b>
<b>Peciólulos</b>	<b>1-5 mm</b>
<b>Frutos</b>	<b>Drupa oblongo-elíptica 2x 1.3 cm</b>

### 2.2.1.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA

El principio activo principal del árbol de Neem, es la Azadiractina, esta sustancia es un tetraterpenoide muy característico de las plantas que pertenecen a la familia de las Meliáceas. Además, dentro de su composición química (Tabla II) están presentes otros componentes abundantes que son los esteroides, alcaloides, flavonoides, glucósidos, terpenoides, ácidos

oleicos, ácido esteárico, ácido palmítico, ácido linoleico, ácido glutámico, grasa, proteínas, fibra, minerales, fosforo, carotenos, entre otros (Bhattacharyya, 2014).

**Tabla II: Composición química del Neem**

<b>Humedad</b>	<b>59.4%</b>	<b>Proteínas</b>	<b>7.1%</b>
<b>Grasa</b>	<b>1.3%</b>	<b>Fibra</b>	<b>6.2%</b>
<b>Carbohidratos</b>	<b>22.9%</b>	<b>Minerales</b>	<b>3.4%</b>
<b>Calcio</b>	<b>510 mg/100g</b>	<b>Fosforo</b>	<b>80 mg/100g</b>
<b>Hierro</b>	<b>17 mg/100g</b>	<b>Tiamina</b>	<b>0.04 mg/100g</b>
<b>Niacina</b>	<b>1.40 mg/100g</b>	<b>Vitamina C</b>	<b>218 mg/100g</b>
<b>Carotenos</b>	<b>1998 µg/100g</b>	<b>Valor Calorífico</b>	<b>1290 Kcal/Kg</b>
<b>Ácido Glutámico</b>	<b>73.30 mg/100g</b>	<b>Tirosina</b>	<b>31.50 mg/100g acido</b>
<b>Ácido Aspártico</b>	<b>15.50 mg/100g</b>	<b>Glutamina</b>	<b>6.40 mg/100g</b>
<b>Prolina</b>	<b>4.00 mg/100g</b>	<b>Alanina</b>	<b>1.00 mg/100g</b>

Fuente: (Bhattacharyya, 2014)

### **2.2.1.8 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA PLANTA**

Las plantas pueden acumular en sus tejidos elementos traza, especialmente metales pesados, debido fundamentalmente a su gran habilidad para adaptarse a las propiedades químicas variables del medioambiente. (Lawal, Batagarawa, & Oyeyinka, 2011).

Los principios activos encargados de la acumulación de metales pesados son: salanina, meliantriol, nimbidina, y nimbin, debido a que contienen un gran número de grupos OH, convirtiéndose en los posibles sitios adherentes de los iones metálicos. (Bhattacharyya, 2014).

La singularidad de esta planta permite que pueda emplear, la corteza, la madera, las hojas, las flores, el fruto, la torta y el aceite de la semilla (Lawal, Batagarawa, & Oyeyinka, 2011).

### **2.2.2 BIOINDICADORES**

Los bioindicadores de origen natural se utilizan para evaluar el medio ambiente y también son una importante herramienta para detectar cambios en el entorno, ya sea positivo o negativo, y su posterior efecto en la sociedad humana. Un bioindicador podrá predecir el nivel de contaminación de una determinada región a bajo costo, ya que las mediciones directas requieren una gran inversión en infraestructura y mano de obra (Massolo, 2015).

Se espera que un buen bioindicador deba tener ciertas características, como acumular altos niveles de contaminantes, ser un organismo sésil ya que representa la contaminación local, debe ser abundante y con una amplia distribución para un muestreo repetitivo y su posterior comparación, además debe ser un organismo cuyo muestreo sea fácil y económico (Massolo, 2015).

### **2.2.3 CONTAMINANTES VEHICULARES.**

(Akpoveta & Osakwe, 2014). Determinaron la presencia de metales pesados Cd, Cr, Cu, Pb y Zn. productos derivados del petróleo (queroseno, diésel y gasolina) respectivamente. Las muestras se digirieron con una mezcla de ácido nítrico, sulfúrico y ácido clorhídrico para hacer que los metales disponibles para la determinación y los niveles de concentración de los metales analizados utilizando espectrofotómetro de absorción atómica.

Los productos del petróleo analizados fueron percibidos a ser altamente contaminado en Cu y Pb de los resultados obtenidos. El queroseno mostró un mayor grado de contaminación en Pb que los otros. Los altos niveles de Pb y Cu se podrían atribuir a fuentes antropogénicas tales como aditivos aplicados durante el proceso de refinación. Este alto nivel podría representar una amenaza ecológica y ambiental grave en las proximidades donde se utilizan estos productos.

<i>Muestra</i>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Cr</b>	<b>Pb</b>	<b>Discos compactos</b>
<b>Gasolina (ppm)</b>	1.43	1.74	0.54	0.24	1.66
<b>Kerosene (ppm)</b>	2.63	1.98	0.33	0.41	1.33
<b>Diésel (ppm)</b>	2.87	1.77	0.86	1.01	1.50
<b>Límites normales</b>	5.00	0.10	1.00	0.075	5.00

### **2.2.3.1 GASOLINA**

Es una mezcla de hidrocarburos derivada del petróleo que se utiliza como combustible en motores de combustión interna con encendido a chispa convencional o por compresión. La gasolina es una mezcla de cientos de hidrocarburos individuales desde C4 (butanos y butenos) hasta C11 como, por ejemplo, el metilnaftaleno. (Maldonado & Machado, 2018).

El uso de antidetonantes a base de plomo (Tetraetilo de Plomo -TMP) y manganeso en las gasolinas obedece principalmente a que no hay forma más barata de incrementar el octanaje en las gasolinas que usando compuestos que posean dichos elementos en su estructura, estos componentes son perjudiciales tanto para la salud y el ambiente, por esta razón desde 1986 se ha prohibido sus usos en las gasolinas. (Maldonado & Machado, 2018). En un estudio en el

año 2014 señala que aún se siguen encontrando altas concentraciones de Pb en las gasolinas, porque este metal es muy utilizado como aditivo para el refinamiento de dicho combustible. (Akpoveta & Osakwe, 2014)

Por motivos de contaminación ambiental Ecuador ha optado por utilizar la gasolina EcoPaís que se compone de una mezcla de 95% de combustible fósil y 5% de etanol (alcohol de caña de azúcar). Más de 150 gasolineras de Guayaquil, Samborondón y Daule distribuyen este combustible, en lugar de su predecesor la gasolina "Extra". Tiene el mismo octanaje. (Coello, 2014).

Los metales "pesados" (Plomo, Manganeso, Mercurio, Cadmio, etc.) resultan perniciosos tanto para el medio ambiente como para la salud humana. Se fijan en los tejidos llegando a desencadenar procesos mutagénicos en las células. (Maldonado & Machado, 2018).

### **2.2.3.2 DIÉSEL**

El gasóleo derivado del petróleo está compuesto aproximadamente de un 75 % de hidrocarburos saturados (principalmente parafinas incluyendo isoparafinas y cicloparafinas) y un 25 % de hidrocarburos aromáticos (incluyendo naftalenos y alcalobencenos). La fórmula química general del gasóleo común es  $C_{12}H_{26}$ , incluyendo cantidades pequeñas de otros hidrocarburos cuyas fórmulas van desde  $C_{10}H_{22}$  a  $C_{15}H_{32}$ . (Guzmán, 2011).

### **2.2.3.3 GAS**

El gas natural constituye una de las principales fuentes de energía utilizada como combustible para los coches, después del petróleo y del carbón. El gas asociado se extrae junto con el petróleo y contiene grandes cantidades de hidrocarburos, como: etano, propano, butano y naftas. Por el contrario, el gas no asociado es aquel que se encuentra en depósitos que no contienen petróleo crudo y dentro su composición química se encuentra el: metano, etano, propano, butano, pentano, dióxido de carbono, nitrógeno, ácido sulfhídrico, entre otros. (Maldonado, 2012).

En la India, el GLP (gas licuado de petróleo) emite un 60% menos de gases de efecto invernadero que las cocinas eléctricas, un 50% menos que algunas cocinas de biomasa y un 19% menos que las cocinas de queroseno. Ayuda a reducir las emisiones de una vivienda típica en 1,5 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, es decir, alrededor de un 25%. Emite un 50% menos de monóxido de carbono, un 40% menos de hidrocarburos y un 35% menos de óxidos de nitrógeno que la gasolina. Además, su potencial de formación de ozono es un 50% menor (Maldonado, 2012).

### **2.2.4 METALES PESADOS**

Se define como metal pesado a aquel elemento químico que tiene una densidad mayor a 5 g/cm<sup>3</sup> o cuyo número atómico es superior a 20. Sin embargo, el término de metal pesado hace referencia a la toxicidad que genera cuando supera un cierto umbral de concentración. Las emisiones de metales pesados hacia la atmósfera pueden originarse por fuentes naturales (cenizas volcánicas, sedimentos de la corteza y los ciclos biogeoquímicos) o por fuentes

antrópicas como la minería, la fundición de metales, la quema de combustibles fósiles, el uso de pesticidas, la producción de energía, y la incineración de desechos. (Riquelme, 2015).

Los metales pesados son clasificados esenciales (Cu, Cr, Fe, Mn, Ni y Zn) y no esenciales y/o tóxicos (Pb); la importancia metales es que son esenciales para el metabolismo de los seres vivos, ya que son constituyentes esenciales de muchas metaloenzimas; son requeridos en pequeñas cantidades o en cantidades traza, por lo tanto, si se ingieren en altas concentraciones pueden producir efectos tóxicos. (Riquelme, 2015).

#### **2.2.4.1 CADMIO (Cd)**

El Cadmio está presente en alimentos, agua y aire, su concentración puede incrementar por la contaminación que generan las industrias que lo utilizan. Mediante la vía respiratoria, las partículas de Cd se depositan en los alvéolos pulmonares donde son absorbidas por el organismo. El humo del tabaco es una de las fuentes de exposición más importantes de Cd en la vida cotidiana. (Larios, 2014).

#### **2.2.4.2 PLOMO (Pb)**

El plomo es un metal gris-azulado de origen natural que está presente en pequeñas cantidades en la corteza terrestre. El plomo puede encontrarse en diversas partes del medioambiente. Proviene de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la explotación minera, entre otras. El plomo se usa en la fabricación de pilas, municiones, productos de metal (soldaduras y tuberías) y en aparatos para proteger contra los rayos X. Debido a

inquietudes relacionadas con la salud, en los últimos años se ha reducido considerablemente la cantidad de plomo en pinturas, productos cerámicos y materiales para calafatear y para soldar tuberías. El uso del plomo como un aditivo de la gasolina se prohibió en 1996 en los Estados Unidos. (Urdaneta, 2012).

#### **2.2.4.3 ARSÉNICO (As)**

El arsénico es un elemento de origen natural presente en la corteza terrestre. En el medioambiente, el arsénico se combina con oxígeno, cloro y azufre para formar compuestos inorgánicos de arsénico. El arsénico en los animales y plantas se combina con carbono e hidrógeno para formar compuestos orgánicos de arsénico. Los compuestos inorgánicos de arsénico se usan principalmente para preservar madera. El arseniato cromado de cobre (CCA, por sus siglas en inglés) se usa para hacer madera “presurizada” (Urdaneta, 2012).

La inhalación de niveles altos de arsénico inorgánico puede producir dolor de garganta e irritación de los pulmones. La exposición a niveles más bajos puede causar náuseas y vómitos, una menor producción de glóbulos rojos y blancos, ritmo cardíaco anormal, daños a los vasos sanguíneos y una sensación de hormigueo en las manos y los pies (Urdaneta, 2012).

#### **2.2.4.4 MANGANESO (Mn)**

El manganeso es un metal de origen natural que se encuentra en muchos tipos de rocas. El manganeso se utiliza en la producción de acero para mejorar su dureza, rigidez y solidez. También se puede utilizar como aditivo en la gasolina para mejorar su grado de octanaje. El

aditivo para la gasolina que contiene manganeso puede degradarse rápidamente en el medioambiente cuando se expone a la luz del sol, liberando así manganeso (Hurtado & Urdaneta, 2012).

Los trabajadores expuestos a altos niveles de manganeso sufren daños en el sistema nervioso. Estos efectos influyen en los cambios del comportamiento del trabajador provocando en él movimientos lentos y torpes (Hurtado & Urdaneta, 2012).

#### **2.2.4.5 NIQUEL (Ni)**

El níquel puro es un metal duro, blanco-plateado, que se utiliza para fabricar acero inoxidable y otras aleaciones de metales. Las afecciones más comunes del níquel son problemas en la piel. Los trabajadores que respiran grandes cantidades de compuestos de níquel desarrollan bronquitis crónica y cáncer del pulmón (Hurtado & Urdaneta, 2012).

#### **2.2.4.6 COBRE (Cu)**

El cobre es un metal que se encuentra naturalmente en el ambiente: en rocas, suelo, agua y en el aire. El cobre se utiliza para fabricar muchos productos diferentes, como por ejemplo, alambres, cañerías y láminas de metal. (Urdaneta & Figueroa, 2016).

La inhalación de niveles altos de cobre produce irritación de la nariz y la garganta. La ingestión de concentraciones altas de cobre produce náusea, vómitos y diarrea. Cantidades

muy altas de cobre pueden dañar el hígado y los riñones y pueden causar la muerte. (Urdaneta & Figeroa, 2016).

#### **2.2.4.7 CROMO (Cr)**

El cromo se encuentra en rocas, animales, plantas y en el suelo. Puede encontrarse en estado líquido, sólido o gas. Las formas más comunes son el cromo (0), cromo (III) y cromo (VI). Los compuestos de cromo no tienen ningún sabor u olor especial. (Urdaneta., 2012).

El cromo metálico, que es la forma de cromo (0), se usa en la fabricación de acero. El cromo (VI) y el cromo (III) se usan en cromado, colorantes y pigmentos, curtido de cuero y preservación de madera. (Urdaneta, 2012).

Respirar niveles altos de cromo (VI) es tóxico y produce irritación del revestimiento interno de la nariz, úlceras nasales, secreción nasal y problemas respiratorios tales como asma, tos, falta de aliento o respiración jadeada. (Urdaneta, 2012).

#### **2.2.4.8 ZINC (Zn)**

El Zinc es un elemento natural, brillante con coloración blanco-azulado. El Zn se utiliza como revestimiento para prevenir corrosión, en compartimientos de baterías secas y, mezclado con otros metales, para fabricar aleaciones como el latón y bronce. Bajos niveles de Zinc son necesarios para mantener buena salud. La exposición a niveles altos de Zn produce calambres

estomacales y anémica, y puede alterar los niveles de colesterol. Dicha exposición ocurre al ingerir alimentos, tomar agua o respirar aire contaminado por Zinc. (Hurtado, 2016).

El zinc es ampliamente utilizado en el recubrimiento de hierro y otros metales, en conservantes de madera, catalizadores, papel fotográfico, aceleradores para vulcanización de caucho, cerámica, textiles, fertilizantes, pigmentos y baterías, y como consecuencia es a menudo se encuentran en las aguas residuales que surgen de estos procesos.

Las fuentes industriales más importantes surgen de galvanoplastia, efluentes de la industria minera y mina ácida drenaje. Por ejemplo, concentraciones de zinc superiores a 620 mg / L se han registrado en el drenaje del cobre abandonado minas en Montana, EE. UU (Malik & Singhal, 2014).

### **2.2.5 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN LOS METALES PESADOS**

Los métodos clásicos empleados para la extracción de elementos metálicos de material vegetal se pueden dividir en dos grandes grupos: por vía seca y por vía húmeda.

El principal objetivo de la digestión, consiste en la destrucción de la materia orgánica, evitando la pérdida o contaminación de la sustancia de interés (Mendoza, Marco, & Almao, 2014).

#### **2.2.5.1 MÉTODOS POR VÍA SECA**

Los métodos por vía seca (calcinación) implican la completa combustión de toda la materia orgánica (horno mufla) seguida de la disolución de los constituyentes minerales usando, generalmente, ácido clorhídrico. Sus principales ventajas son: que se requiere poco volumen

de reactivos, permiten mineralizar grandes cantidades de muestra, empleo de instrumentación simple y se necesita poca manipulación. (Alatzne, 2008).

Las pérdidas por volatilización son el principal problema de este método, especialmente para el arsénico, antimonio, cobre, plata, selenio, cromo, cadmio, zinc, plomo y mercurio. El alcance de estas pérdidas depende de la temperatura y tiempo empleados en el horno y, en algunos casos, de la forma de la combinación química del elemento en la muestra. (Alatzne, 2008).

#### **2.2.5.2 MÉTODOS POR VÍA HÚMEDA.**

Los métodos por vía húmeda son ampliamente utilizados para la digestión de material vegetal, y se basan en la destrucción de la materia orgánica tratando la muestra con agentes oxidantes. Este tipo de métodos permite el tratamiento simultáneo de un elevado número de muestras y a bajas temperaturas, con lo que se reduce la posible pérdida de elementos volátiles. Pero no se puede emplear grandes cantidades de muestra, requieren una supervisión constante por parte del operador, el tiempo invertido en la operación puede ser grande y, si se trata de un sistema abierto, existe el riesgo de contaminación de la muestra, además, la introducción de cantidades relativamente grandes de reactivos puede producir contaminaciones debidas a las impurezas de estos, lo que conlleva a valores altos de los blancos. (Alatzne, 2008).

### **2.2.5.3 EXTRACCIÓN ACUOSA (INFUSIÓN)**

La extracción acuosa de los metales pesados consiste en añadir agua caliente en las hojas, flores o frutos de las plantas aromáticas dejando reposar en un recipiente tapado durante 5 minutos para la extracción de sus compuestos orgánicos e inorgánicos. (Boxler, 2012).

Con este método se reduce el riesgo de contaminación ya que no existe la emisión de gases tóxicos que se desprenden al utilizar otros solventes. Otra de las ventajas de esta técnica es que requieren poca inversión. Una de las desventajas de esta técnica es que solo se disuelven los iones de metales libres y los complejos metálicos disueltos, dejando a un lado un gran número de analitos metálicos presentes en las muestras. Además, la utilización de agua como medio de extracción produce el crecimiento de microorganismos, estos pueden ser interferentes en los análisis que se vayan a realizar (Pérez, 2013).

### **2.2.6 TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS**

Las técnicas espectroscópicas se basan en la interacción de la radiación electromagnética con la materia. A través de esta interacción las moléculas pueden pasar de un estado energético a otro absorbiendo o emitiendo una cantidad de energía radiante igual a la diferencia energética existente entre los dos niveles. (Pomilio, Bernatené, & Vitale, 2011).

Las longitudes de onda de las radiaciones que una molécula puede absorber o emitir dependen de la estructura atómica y de las condiciones del medio (pH, temperatura, fuerza iónica,

constante dieléctrica), por lo que dichas técnicas constituyen un valioso instrumento para la determinación y caracterización de biomoléculas. (Díaz & et.al., 2017).

En la siguiente tabla (Tabla III) se muestra una clasificación de los principales tipos de espectrofotometrías agrupados según el tipo de interacción luz-molécula (absorción o emisión) y según la zona del espectro en la que se trabaja. (De la torre, 2015).

**Tabla III: Clasificación de los tipos de espectrofotometría**

<b>Tipos de Espectrofotometría</b>	<b>Absorción</b>	<b>Molecular</b>	<b>UV-VIS IR RMN</b>
		<b>Atómica</b>	<b>Lama Electrotérmica</b>
	<b>Emisión</b>	<b>Atómica</b>	<b>Llama (AAS) Plasma (ICP)</b>
		<b>Molecular</b>	<b>Fluorescencia (FS, XRF)</b>
	<b>Otros</b>		<b>Turbidimetría Refractometría Polarimetría Espectrometría masas (EM)</b>

Fuente: (De la torre, 2015)

### **2.2.6.1 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA**

Es un método con un alto grado de sensibilidad y especificidad, debido a que las líneas de absorción son muy estrechas (0.002-0.005nm), y las energías de transición electrónica son específicas para la cuantificación de un determinado elemento (Gallegos & Noriega, 2012).

En cuanto al tratamiento de muestras para AAS (Atomic absorption spectroscopy), en la actualidad se consta de equipos con digestores de microondas. Una de las razones más importantes de su uso es la disminución de tiempo para la obtención de resultados, también evita la pérdida de elementos volátiles, impide la contaminación de las muestras al utilizar mínimas cantidades de ácido y se pueden analizar varias muestras al mismo tiempo (Gallegos & Noriega, 2012).

#### **2.2.6.2 ICP-OES**

La técnica de espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado por inducción (ICP-OES) se basa en la radiación emitida cuando un átomo o ion excitado por absorción de energía de una fuente caliente, se relaja a su estado fundamental. La cantidad de energía emitida dependerá de la cantidad de átomos presentes del metal correspondiente. La atomización de la muestra utiliza plasma de argón a 10.000 K. Para determinar la concentración de los metales se realizan curvas de calibración correspondientes a cada metal en el intervalo de concentración comprendido entre 0 y 10 mg L<sup>-1</sup> (Mashcabi, 2017).

Antes de realizar el análisis, la muestra se somete a un tratamiento de digestión donde se encuentran los metales para favorecer la disolución de todos los componentes sólidos a analizar. Rango de medida  $\lambda=167-758$  nm. (Mashcabi, 2017).

En la siguiente tabla se puede encontrar detalladamente las ventajas y desventajas de las técnicas espectroscópicas, estas son utilizadas para analizar los diferentes elementos químicos que se encuentren en concentraciones bajas (ppm y ppb) (Mashcabi, 2017).

**Tabla IV: Ventajas y Desventajas entre el ICP-OES y AAS (Atomic absorption spectrophotometry) de Llamas**

EQUIPO	ICP-OES	AAS de Llamas
<b>VENTAJA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor número de muestras analizadas</li> <li>• Análisis simultáneo de varios elementos (hasta 73 elementos)</li> <li>• Amplio rango dinámico (desde sub-ppb hasta nivel %)</li> <li>• Tolera matrices complejas</li> <li>• Bajo consumo de gas argón</li> <li>• Seguro (sin gas inflamable)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posible reducción del tiempo de análisis</li> <li>• Facilidad de uso</li> <li>• Bajo costo</li> </ul>
<b>DESVENTAJA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores iniciales superiores que AAS o MP-AES</li> <li>• Más interferencias espectrales comparado con MP-AES</li> <li>• No tan sensible como AAS de cámara de grafito o ICP-MS Sin determinación de isótopos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilidad</li> <li>• Rango dinámico</li> <li>• Requiere gases inflamables</li> <li>• La operación sin supervisión no es posible debido a los gases inflamables</li> <li>• No debe contener cantidades excesivas de sólidos disueltos</li> </ul>

Fuente: (Mashcabi, 2017)

## **2.2.7 METALES Y NO METALES TÓXICOS**

### **2.2.7.1 METALES Y NO METALES TÓXICOS EN EL AIRE**

Algunos elementos químicos, como el cadmio, cromo, cobalto, cobre, plomo, mercurio, níquel, plata y uranio, se encuentran repartidos en pequeñas cantidades por el aire, posiblemente por el tránsito vehicular y las industrias, por ejemplo en los países más desarrollados la contaminación con el plomo procedente de los tubos de escape de los vehículos ha sido un importante problema. También la contaminación en los alrededores de las grandes industrias metalúrgicas y siderúrgicas puede alcanzar niveles muy altos y desechos tan frecuentes, como algunos tipos de pilas pueden dejar en el ambiente cantidades dañinas de metales tóxicos, si no se recogen y tratan adecuadamente (Perés & Olaya, 2013).

### **2.2.7.2 METALES Y NO METALES TÓXICOS EN LAS PLANTAS**

Metales tales como el cromo, cobre, molibdeno, zinc, vanadio, hierro, entre otros, son elementos micronutrientes necesarios para la vida de los seres vivos y deben ser absorbidos por las raíces de las plantas o formar parte de la dieta de los animales. Pero cuando por motivos naturales o por acción del hombre se acumulan en los suelos, las aguas o los seres vivos en concentraciones altas se convierten en tóxicos muy peligrosos (Bresciani, 2010).

Los pesticidas que contienen arsénico y mercurio fueron ampliamente utilizados hasta hace unos años y todavía se usan en algunos países. Como las sustancias tóxicas pueden estar presentes en muchos alimentos, debido a su abundancia en la naturaleza, es importante tener en cuenta que la ingestión concomitante de productos herbales se sumaría a la concentración total de metales tóxicos consumidos por las personas, incluso si se siguen las mejores prácticas (Bresciani, 2010).

La materia extraña encontrada en una muestra de hierbas y materiales a base de hierbas no debe exceder límites establecidos en las farmacopeas nacionales, regionales o internacionales. Sin embargo, debe entenderse que el contenido de metales pesados de las hierbas medicinales se suma a la carga que proviene de los alimentos, por lo que se recomienda que la contaminación producida por el metal pesado se minimice (Bresciani, 2010).

### **2.2.7.3 METALES Y NO METALES TÓXICOS EN EL SUELO**

Normalmente en los suelos se encuentran diversos metales tales como: Cr, Ni, Pb, Zn, Co, Cu, As, Cd y Hg. Las Concentraciones de Cr, Ni, Pb y Zn varían entre 1-1500 mg/Kg, Co, Cu y As entre 0.1 y 250 mg/Kg, y con menores proporciones Cd y Hg (0.01-2 mg/Kg) (Bowen, 2008).

## **2.2.8 NORMATIVAS**

### **2.2.8.1 NORMAS AMBIENTALES DE LA CALIDAD DEL AIRE**

La Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) tiene como finalidad producir datos confiables sobre la concentración de contaminantes atmosféricos en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito que sirvan como insumo para la planificación, formulación, ejecución y evaluación de políticas y acciones orientadas al mejoramiento de la calidad del aire y difundir esta información en condiciones comprensibles para el público en general. La REMMAQ se encarga de analizar los siguientes contaminantes: monóxido de carbono (CO); dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>); óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>); y, material particulado fino o de diámetro menor a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>) y menor a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) (Almea, 2018).

## 2.2.8.2 ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE (NAAQS) DE LOS ESTADOS UNIDOS (U.S.) Y AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA)

Las normas EPA (Environmental Protection Agency) de EE. UU, establece los estándares nacionales de calidad del aire a niveles que se ha determinado que protegen la salud pública con un margen de seguridad adecuado, véase en la tabla V.

En diciembre de 2012, la EPA reforzó los Estándares Nacionales de Calidad del Aire del Ambiente (NAAQS) para los MP (Material Particulado) anuales de 15.0 a 12.0 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). (Rodríguez, 2015).

**Tabla V: Límites máximos de permitidos de metales en el aire establecidos por la agencia de protección ambiental (EPA) expresadas en  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$**

Metales	Concentración de aire ambiente nacional típica de EE. UU.			EPA				ATDSR MRL			Regulación estatal			Internacional
				IRIS		Región IX RSL					Oregon RBC	California REL	Unión Europea AQS	
	Rural	Urbana	Industrial	RfC	(10-6cancer)	Cancer TR	Norcancer HI	Agudo	Intermedio	Crónico	Residencial	Agudo		Crónico
Antimonio	<0.001	0.032	0.55	0.2			0.21							
Arsénico	0.002	0.2	7.6	0.03*	0.0002	0.00057	0.016				0.00057	0.2	0.015	0.005
Berilio	0.0001	0.002	0.01	0.02	0.004	0.001	0.021				0.021		0.007	
Cadmio	0.001	0.008	0.6	0.01	0.0006	0.0004	0.01	0.03		0.01	0.0014			0.005
Cromo	0.002	0.02	0.4				0.01		0.001				0.2	
Cromo VI	0.0001	0.0016	0.0153	0.008	0.0008	0.00001			0.005	0.005	0.000029			
Cobalto	0.0001	0.00	0.51			0.0002	0.00			0.1				

		5				7		67						
<b>Cobre</b>	<b>0.01</b>	<b>0.0016</b>	<b>0.0153</b>	<b>0.008</b>	<b>0.00008</b>	<b>0.00011</b>			<b>0.005</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.00029</b>			
<b>Hierro</b>	<b>0.3</b>	<b>1.6</b>	<b>7.0</b>											
<b>Plomo</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	<b>0.76</b>			<b>0.03</b>					(>Pv)			<b>0.05</b>
<b>Manganeso</b>	<b>0.001</b>	<b>0.02</b>	<b>0.3</b>	<b>0.05</b>			<b>0.052</b>		<b>0.3</b>	<b>0.052</b>		<b>0.09</b>		
<b>Mercurio</b>	<b>0.001</b>	<b>0.014</b>	<b>0.41</b>	<b>0.3</b>			<b>0.31</b>		<b>0.2</b>	<b>0.31</b>	<b>0.6</b>	<b>0.03</b>		
<b>Níquel</b>	<b>0.006</b>	<b>0.02</b>	<b>0.17</b>	<b>0.05</b>	<b>0.004</b>	<b>0.01</b>	<b>0.052</b>		<b>0.2</b>	<b>0.09</b>	<b>0.0094</b>	<b>6</b>	<b>0.05</b>	<b>0.02</b>

<sup>a</sup>Metals designated as Hazardous Air Pollutants by the EPA.

<sup>b</sup>National Ambient Air Quality Standard for lead is 0.15 µm/m<sup>3</sup> as a rolling three month average.

<sup>c</sup>Typical Urban Ambient Air Concentrations procured from the EPA, the ATSDR, the Hazardous Substances Database (HSDB), and/or the World Health Organization (WHO). The majority of the values are based on PM10 measurements taken in the 1980's and 1990's, but may include TSP or PM2.5 and/or more recent (post-2000) measurements. These values are not absolute; they are intended to represent typical concentrations found in urban environments.

<sup>d</sup>Industrial values are concentrations found in ambient air in the vicinity of factories and industry that emit metals; some values may be measurements collected near a particular factory rather than an average of all industrial vicinity ambient air concentrations.

<sup>e</sup>These values are calculated by California EPA

<sup>f</sup>Value for aerosols and mists

<sup>g</sup>Value for particulates

<sup>h</sup>Soluble particulate matter

<sup>i</sup>Insoluble particulate matter

<sup>j</sup>Value for Nickel refinery dust

<sup>k</sup>Value for Nickel subsulfide

<sup>l</sup>Value for metallic V, vanadium pentoxide value is 0.00029

**Bold** ambient air values exceed one or more of the regulatory health limits for that metal.

EPA = Environmental Protection Agency

IRIS = Integrated Risk Information System

10<sup>-6</sup> Cancer = Dose at which risk of cancer is one in one million people (Based on the Inhalation Unit Risk)

RfC = Reference Concentration (noncancer)

RSL = Regional Screening Level

Cancer TR = Cancer target risk (1 in one million)

Noncancer HI = Noncancer hazard index

ATSDR = Association of Toxic Substances and Disease Registry

MRL = Minimal Risk Levels

RBC = Risk-based Concentration for residential receptors

REL = Reference Exposure Level

AQS = Air Quality Standard (Averaging period = 1 year)

>Pv = The air concentration reported for the RBC exceeds the vapor pressure of the pure chemical. It can be assumed that this constituent cannot create an unacceptable risk by this pathway.

Fuente: (Geiger & Cooper, 2010)

Fuente: (Geiger & Cooper, 2010)

### 2.2.8.3 CONTROL DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CALIDAD

#### AMBIENTAL

Según el Art. 329 Del monitoreo ambiental. - El cumplimiento de la norma de calidad ambiental deberá verificarse mediante el monitoreo ambiental respectivo por parte de la Autoridad Ambiental Competente (Anónimo, 2015).

## 2.2.8.4 NORMAS VIGENTES DE CALIDAD DE PLANTAS HERBALES

Existe la reincidencia de la ingesta de plantas herbales, las cuales pueden contener niveles de metales pesados, por lo cual la OMS/FDA estableció límites máximos permisibles en plantas herbales en distintos países como Canadá, China, Malasia, entre otros (Tabla VI).

**Tabla VI: Tabla comparativa de los niveles máximos permisibles en plantas herbales establecida por la OMS / FDA**

		Arsénico (As)	Plomo (Pb)	Cadmio (Cd)	Cromo (Cr)	Mercurio (Hg)	Cobre (Cu)	Metales tóxicos tales como Plomo
<b>Hierbas Medicinales</b>								
Canadá	Material Herbal crudo	5 ppm	10 ppm	0.3 ppm	2 ppm	0.2 ppm		
	Materiales herbales terminales	0.01 mg/día	0.02 mg/día	0.006 mg/día	0.02 mg/día	0.02 mg/día		
China	Materiales herbales	2 ppm	10 ppm	1 ppm		0.5 ppm		20 ppm
Malasia	Materiales herbales terminales	5 mg/kg	10 mg/kg			0.5 mg/kg		
República de Corea	Materiales herbales							30 ppm
Singapur	Materiales herbales terminales	5 ppm	20 ppm			0.5 ppm	150 ppm	
Tailandia	Materiales y productos herbales terminados	4 ppm	10 ppm	0.3 ppm				
Recomendaciones de la OMS			10 mg/Kg	0.3 mg/Kg				
<b>Otros Productos Herbarios</b>								
Propuesta del proyecto de la Fundación de saneamiento nacional (Suplemento dietético crudo)		5 ppm	10 ppm	0.3 ppm	2 ppm			
Propuesta del proyecto de la Fundación de saneamiento nacional (Suplemento dietético Finalizado)		0.01 mg/día	0.02 mg/día	0.006 mg/día	0.02 mg/día	0.02 mg/día		

Fuente: (Bresciani, 2010)

## **CAPITULO 3: METODOLOGÍA**

En este capítulo se detallan los materiales y reactivos que se utilizaron para realizar los diferentes métodos de extracción de metales pesados, y se mencionan los equipos empleados para la determinación de Pb, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Mn y Zn presentes en las hojas de Neem.

### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Para la aplicación del presente proyecto se utilizó un estudio de tipo experimental cualitativo y cuantitativo transversal prospectivo para determinar la presencia metales pesados (Pb, As, Zn, Cd, Ni, Mn, Cr, Cu) en hojas de Neem (*Azadirachta indica*) en los puntos de muestreos seleccionados (Plaza Colón y Pedro Carbo; Luis Vernaza y calle Loja) utilizando normas ambientales vigentes para corroborar el nivel de las concentraciones de las muestras obtenidas por medio de un ICP-OES y AAS, de esta manera poder verificar si el árbol de Neem serviría como un bioindicador ambiental.

### 3.2 MATERIALES, REACTIVOS, EQUIPOS Y APARATOS

EQUIPOS	APARATOS	MATERIALES	REACTIVOS
Balanzas analíticas	Sorbona	Morteros Espátulas Beakers	Agua destilada tipo 1
Espectrómetro acoplado a plasma inducido (ICP)	Estufa	Fundas herméticas Zip Zap	Ácido clorhídrico al 25%
	Mufla	Crisoles Erlenmeyer	Agua regia (HCl: HNO <sub>3</sub> ;3:1)
Espectrómetro de absorción atómica (AA)	Reverberos	Probetas	Soluciones estándares de: Cr, Ni, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, As.
		Matraces aforados	
		Pipetas graduadas y volumétricas	
		Tubos cónicos de plástico	
		Papel filtro	
		Embudos	

### 3.3 MUESTRA

La muestra de estudio son las hojas del Árbol de Neem (*Azadirachta indica*), procedente de diferentes zonas de Guayaquil (Ecuador): Plaza Colón y Calles cercanas al Hospital Luis

Vernaza (calle Loja) (Tabla VIII), en las cuales se determinará la concentración de metales pesados mediante técnicas espectroscópicas como: ICP y AAS (Tabla VII).

**Tabla VII: Listado de metales analizados**

<b>LISTA DE MEALES PESADOS ANALIZADOS</b>	
<b>As</b>	Arsénico
<b>Cd</b>	Cadmio
<b>Cr</b>	Cromo
<b>Cu</b>	Cobre
<b>Mn</b>	Manganeso
<b>Ni</b>	Níquel
<b>Pb</b>	Zinc
<b>Zn</b>	Plomo

La Tabla VIII describe las abreviaturas con las que fueron asignadas las muestras, en Plaza Colón y Pedro Carbo se obtuvieron 3 muestras puntuales (PC MP# 1, 2,3) y 2 muestras compuestas (PC MC#1,2 fueron tomadas de dos árboles distintos)(PC MC# 3,4,5, fueron tomadas de tres arboles distintos); Luis Vernaza y calle Loja se tomaron 2 muestras compuestas (LV MC# 1,2, fueron seleccionadas de dos árboles distintos y LV MC# 3,4,5, fueron escogidas de tres arboles distintos).

**Tabla VIII: Ubicación e identificación de los puntos de muestreo**

PUNTOS DE MUESTREO		
<b>GUAYAQUIL</b>	Blanco	Urbanización; Las lomas de Urdesa
	Muestra Puntual 1 (PC MP#1)	Plaza Colón
	Muestra Puntual 2 (PC MP#2)	Plaza Colón
	Muestra Puntual 3 (PC MP#3)	Plaza Colón
	Muestra Compuesta 1,2 (PC MC# 1,2)	Plaza Colón y Pedro Carbo
	Muestra Compuesta 3,4,5 (PC MC # 3,4,5)	Plaza Colón y Pedro Carbo
	Muestra Compuesta 1,2 (LV MC#1,2)	Hospital Luis Vernaza (Loja y Av. Gregorio Escobedo).
	Muestra Compuesta 3,4,5 (LV MC#3,4,5)	Hospital Luis Vernaza (Loja y Av. Gregorio Escobedo).

Muestra Puntual (MP): Muestra tomada al azar en un tiempo determinado para determinar un parámetro.

Muestra Compuesta (MC): es una combinación de muestras individuales con el fin de minimizar los efectos de variabilidad de la muestra individual

Fuente: (Mashcabi, 2017)

### 3.3.1 VERIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ÁRBOL DE NEEM

- Se procedió a seleccionar una de las ubicaciones para la recolección de ramas y hojas de la especie estudiada.
- Posteriormente las muestras fueron llevadas a la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil el 3 de Mayo del 2018, donde le realizaron estudios botánicos para confirmar espécimen y descripción de la especie.

### **3.3.2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRA**

- Seleccionar los puntos de muestreo (zonas urbanas de Guayaquil) donde exista emisión directa e indirecta de gases contaminantes emitidos por el tránsito vehicular.
- Clasificar muestras puntuales y compuestas dentro de los puntos de muestreo.
- Recolectar la cantidad suficiente de muestras (hojas de Neem) en las zonas seleccionadas e identificarlas con su respectiva rotulación en cajas cartón. La recolección se realizará semanalmente durante un mes (Mayo)
- Anotar las condiciones ambientales durante la recolección de la muestra.

### **3.3.3 SECADO DE MUESTRA**

- Las muestras fueron secadas por estufa y al sol con el fin de realizar un estudio que evidencia si existe alguna pérdida de analito por la temperatura aplicada.
- Las hojas fueron secadas en la estufa a una temperatura de 70°C por 15 minutos, mientras que las secadas al sol (28 -32°C) fueron expuestas al mismo por tres semanas hasta su total sequedad.

### **3.3.4 PROCESO DEL TRATAMIENTO DE LA MUESTRA**

- Se realiza el deshoje de las ramas del árbol de Neem.
- Secar las hojas en la estufa a una temperatura de 70°C en un intervalo de tiempo
- Colocar hoja en mortero y triturar hasta obtener las muestras en polvo.
- Pesar el polvo obtenido en un Beaker.
- Colocar el polvo en una Funda hermética Zip Zap, para su almacenamiento.
- Rotular la muestra.
- Repetir los pasos para cada muestra.

## **3.4 METODOLOGÍA**

### **3.4.1 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS**

**3.4.1.1 EXTRACCIÓN ACUOSA (INFUSIÓN).** -Se pesó 1.3g de muestra (pulverizada) en un Beaker de 100ml, se añadió 50 ml de agua caliente (100°C), tras previa agitación se tapó la muestra y se dejó reposar durante 5 minutos para su posterior filtrado y envasado.

**3.4.1.2 DIGESTIÓN VÍA HÚMEDA.** -Se utilizó 20 ml de Agua Regia (HCl: HNO<sub>3</sub>; 3:1) para la disolución de 1g de muestra (pulverizada), posteriormente fue sometida a calor con agitación constante durante 5 minutos, se filtró y envaso.

**3.4.1.3 CALCINACION (DIGESTIÓN POR VÍA SECA).**- Se pesó 0.5g de cada muestra pulverizada en diferentes crisoles (8), y fueron llevados a una mufla a 500°C durante 1 hora y media hasta obtener cenizas totales, se le añade a cada muestra 15 ml de HCl 25% se homogenizo la muestra, se filtró y envaso.

En base a los resultados se determinará la efectividad de los métodos aplicados analizando la recuperación de los analitos.

## CAPITULO 4: INTERPRETACION DE RESULTADOS

### 4.1 VERIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ÁRBOL DE NEEM

Se caracterizó mediante análisis botánicos (Anexo 1) la especie estudiada. La verificación taxonómica realizada en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, comprobó que la especie si pertenece al género *Azadirachta* (Tabla IX).

**Tabla IX: Descripción Taxonómica del Árbol de Neem**

<b>Clase</b>	<b>Equisetipsida Cagardh</b>
<b>Subclase</b>	Magnolidae Novak ex. Takht.
<b>Superorden</b>	Rosanae Takht
<b>Orden</b>	Sapindales Juss. Ex Bercht. & J. Presl
<b>Familia</b>	Meliaceae Juss
<b>Genero</b>	<i>Azadirachta A. Juss</i>

<b>Nombre científico</b>	<i>Azadirachta indica A. Juss,</i>
<b>Nombre vulgar</b>	Árbol de Neem

#### 4.2 CONDICIONES AMBIENTALES

Los factores meteorológicos ayudan a la dispersión de contaminantes atmosféricos. La humedad y la lluvia disminuyen la concentración de la contaminación exterior mientras que el aumento de temperatura puede incrementarla. Según los datos obtenidos durante la toma de muestra, la temperatura se mantuvo en un rango de 27 - 33°C, hubo ausencia de precipitación y se alcanzó un porcentaje de humedad de 57-71%. La ausencia de precipitación y las altas temperaturas obtenidas ayudaron a pronosticar elevadas concentraciones de metales en las hojas de Neem. Los datos meteorológicos (humedad, lluvia y temperatura) obtenidos durante el mes de muestreo son indicados en el anexo 8.

### 4.3 COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

La primera corrida de los extractos de las hojas de Neem fueron analizados mediante ICP-OES (Anexo 18-23). Las curvas de calibración empleadas para la lectura de muestras tuvieron en su mayoría un  $R^2 = 0.9999$  demostrando una buena linealidad (Anexo11).

Los valores obtenidos de arsénico, plomo y cadmio se encontraron por debajo del límite de cuantificación, en ambas técnicas espectroscópicas indicando así ausencia de los mismos. Según los resultados obtenidos se determinó que las hojas de Neem secadas por el sol (28 – 32°C / 3 semanas) presentaron concentraciones inferiores a las secadas por la estufa (70°C / 15 minutos), ya que existió un mayor proceso de evaporación y no se realizó un calentamiento bajo condiciones normalizadas. El estado físico del producto, estabilidad térmica y la cantidad de agua en la hoja pudieron ser también factores influyentes durante este proceso. Según investigaciones realizadas por (Otazu, 2010)Otazu,2010 el secado al sol tiene como desventajas la pérdida de componentes fotosensibles y la posible pérdida de producto debido a condiciones climáticas adversas. También expone que a través de un estudio con una estufa a varias temperaturas (40, 50, 60 y 70 ° C), se observó que la pérdida de la composición química del producto no es significativa.

(Patel, 2015). Menciona en sus estudios que la *Azadirachta indica* reflejó el mayor valor de concentraciones de Cr, Cu, Fe, Zn y Pb debido a su interacción con compuestos bioactivos (Azaridactina, nimbin, nimbidin y nimbolides). Los resultados del autor mostraron que efectivamente el Neem es un hiperacumulador de metales pesados especialmente del Zn por presentar el mayor factor de bioacumulación. (Bua, 2016) también reporta valores de elevados

de Zn en las hojas de Neem indicando que este se le puede atribuir al tráfico pesado y a la corrosión de las partes de vehículos como frenos, radiadores y motores.

En base a lo antes mencionado el Zn tuvo el mismo comportamiento en nuestros estudios. Según los resultados obtenidos y expuestos en la tabla X, las concentraciones de Zinc (metal encontrado en mayor proporción) en las muestras secadas por estufa tratadas mediante calcinación tuvieron un promedio de 221mg/Kg (PC MP#1, 2,3); 99.85 mg/Kg (PC MC#1,2,3,4,5) y 136.06mg/Kg (LV MC#1,2,3,4,5), mientras que las secadas por el sol mediante calcinación obtuvieron promedios de 171.21mg/Kg (PC MP#1, 2,3); 85.93 mg/Kg (PC MC#1,2,3,4,5) y 115.56 mg/Kg (LV MC#1,2,3,4,5), notándose mayores concentraciones del metal en la zona de Plaza Colón. Los resultados reflejan que la calcinación fue el método más adecuado para la detección de metales seleccionados ya que los valores obtenidos fueron mayores en comparación a los otros métodos de extracción. La realización de una digestión por un sistema abierto pudo acceder a una pérdida de analitos, por lo tanto, no toda la muestra fue soluble en los ácidos empleados. El comportamiento de los resultados mencionados anteriormente se da en todos los metales analizados (Cr, Cu, Mn, Ni,).

**Tabla X: Tabla comparativa entre los métodos de extracción para la determinación de Zinc mediante ICP-OES (primera semana).**

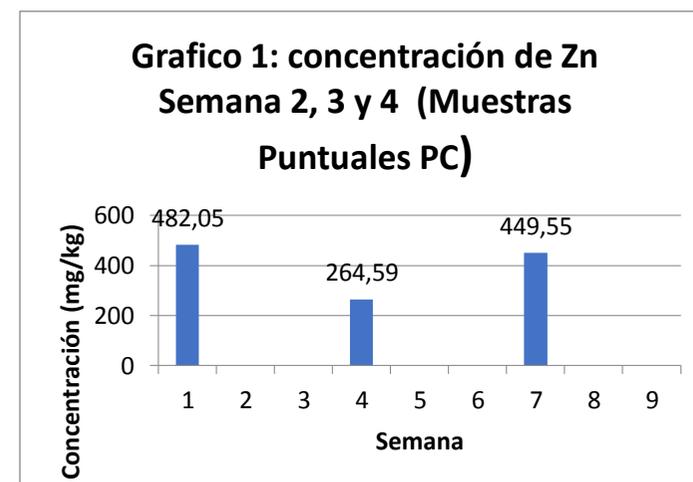
	Identificación		BLANCO	PC MP#1	PC MP#2	PC MP#3	PC MC # 1,2	PC MC # 3,4,5	LV MC # 1,2	LV MC # 3,4,5
Método de Extracción	Parámetro (Unidades)	Método	Resultados							
Estufa-infusión	Zinc mg/Kg	3120 B	89.56	101,12	100,07	103,33	111,16	111,16	97,73	101.12
Estufa-Digestión	Zinc mg/Kg	3120 B	100.26	120,47	104,16	102,48	105,12	114,39	102,12	124,23
<b>Estufa- Calcínación</b>	<b>Zinc mg/Kg</b>	<b>3120 B</b>	<b>140,46</b>	<b>135,88</b>	<b>121,36</b>	<b>378,09</b>	<b>109,8</b>	<b>89,89</b>	<b>139,86</b>	<b>132,25</b>
Sol-infusión	Zinc mg/Kg	3120 B	99.56	97.21	91.35	112.14	83.23	81.63	94.362	91.06
Sol-Digestión	Zinc mg/Kg	3120 B	89.45	99.06	98.97	102.86	109.65	112.18	128.23	110.70
Sol- Calcínación	Zinc mg/Kg	3120 B	114,65	115,88	111,64	286,097	95,87	75,99	119,86	111,25

En las siguientes semanas las muestras fueron analizadas por Absorción Atómica debido a la falta de financiamiento.

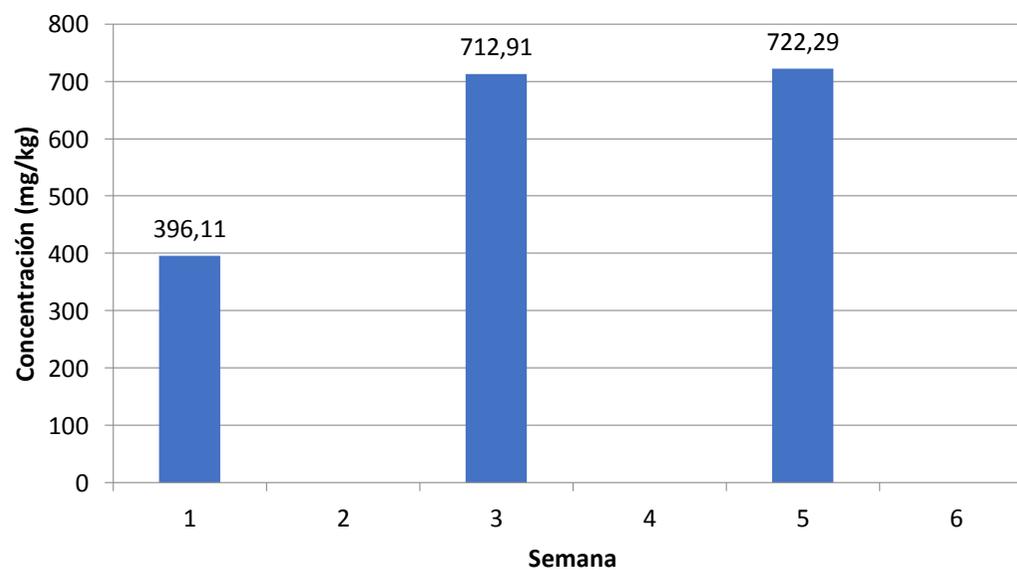
Las concentraciones de Zinc obtenidas a través de la técnica espectrofotométrica AAS mostraron valores de 264.59 mg/kg - 482.05 mg/kg (Grafico 1) y 722.29mg/kg - 396.11 mg/kg (Grafico 3)- en muestras puntuales de la Plaza Colón y muestras compuestas del Luis Vernaza respectivamente mientras que las muestras compuestas de PC presentaron valores de 382.66 mg/kg - 420.66 mg/kg (Grafico 2) (Tabla XI). Se pudo observar una notable variación en cada una de las semanas, debido a que hubo una mayor deposición de material particulado en las hojas producido por la combustión de los vehículos. Esto se evidenció con la presencia de hollín en las hojas en la tercera y cuarta semana en ambas localidades (Anexo 6). En las muestras compuestas de Plaza Colón y muestras Compuestas del Luis Vernaza la tendencia de las concentraciones es creciente, es decir se fueron incrementando en cada semana. La diferenciación de las concentraciones en las zonas para cada uno de los metales se puede apreciar en (Tabla XI).

Tabla XI Concentraciones de Zinc (mg/kg) obtenidas mediante AAS en la 2da, 3era y 4ta semana) - Calcinación.

Identificación		Método de Extracción		Estufa- Calcinación	Promedio
		Parámetro (Unidades)	Método	Resultados (mg/kg)	
Segunda Semana	Blanco	Zinc	AAS	No detectable	482.05
	PC MP#1	Zinc	AAS	761.88	
	PC MP#2	Zinc	AAS	325.55	
	PC MP#3	Zinc	AAS	358.72	361.525
	PC MC# 1,2	Zinc	AAS	182.79	
	PC MC# 3,4,5	Zinc	AAS	540.26	396.11
	LV MC# 1,2	Zinc	AAS	265.96	
	LV MC# 3,4,5	Zinc	AAS	526.26	
Tercera Semana	PC MP#1	Zinc	AAS	238.34	264.59
	PC MP#2	Zinc	AAS	259.52	
	PC MP#3	Zinc	AAS	295.91	
	PC MC# 1,2	Zinc	AAS	386.3	382.66
	PC MC# 3,4,5	Zinc	AAS	379.02	
	LV MC# 1,2	Zinc	AAS	599.36	712.91
	LV MC# 3,4,5	Zinc	AAS	826.46	
Cuarta Semana	PC MP#1	Zinc	AAS	331.51	449.55
	PC MP#2	Zinc	AAS	541.61	
	PC MP#3	Zinc	AAS	475.52	
	PC MC# 1,2	Zinc	AAS	349.91	420.66
	PC MC# 3,4,5	Zinc	AAS	491.4	
	LV MC# 1,2	Zinc	AAS	760.324	722.29
	LV MC# 3,4,5	Zinc	AAS	684.26	

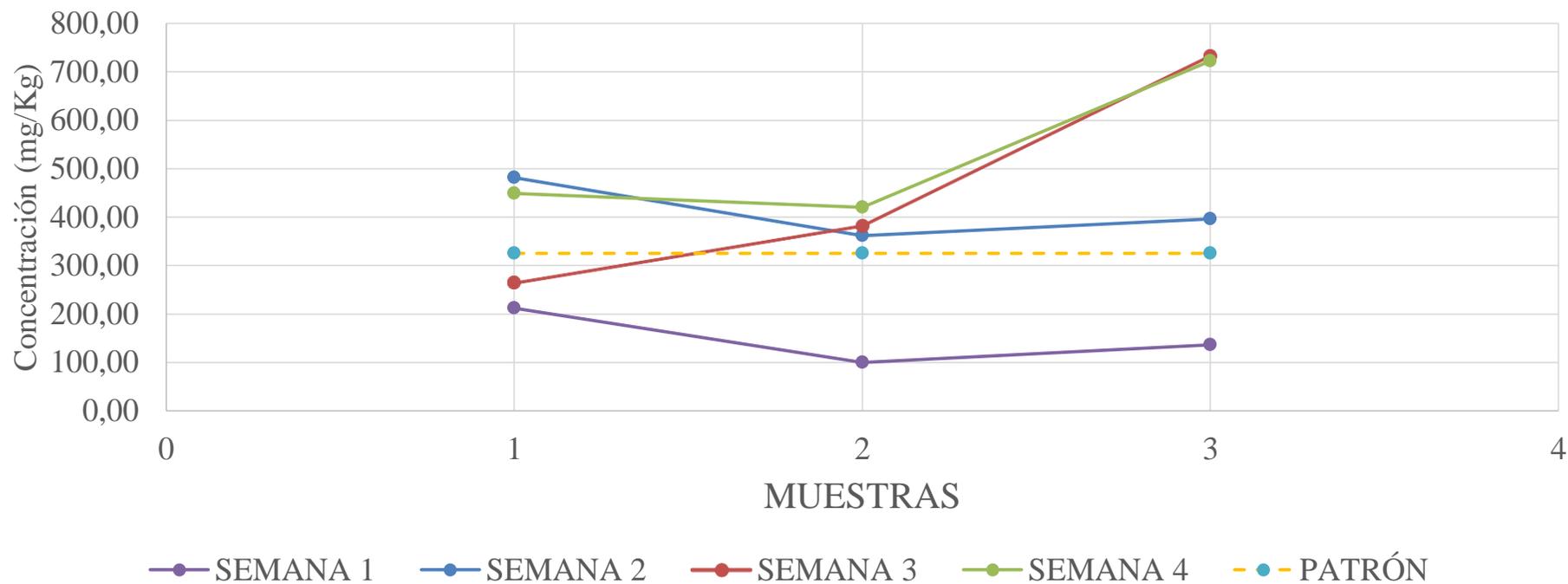


**Grafico 3: Concentración de Zinc Semana 2,3 y 4  
(Muestras Compuestas LV)**



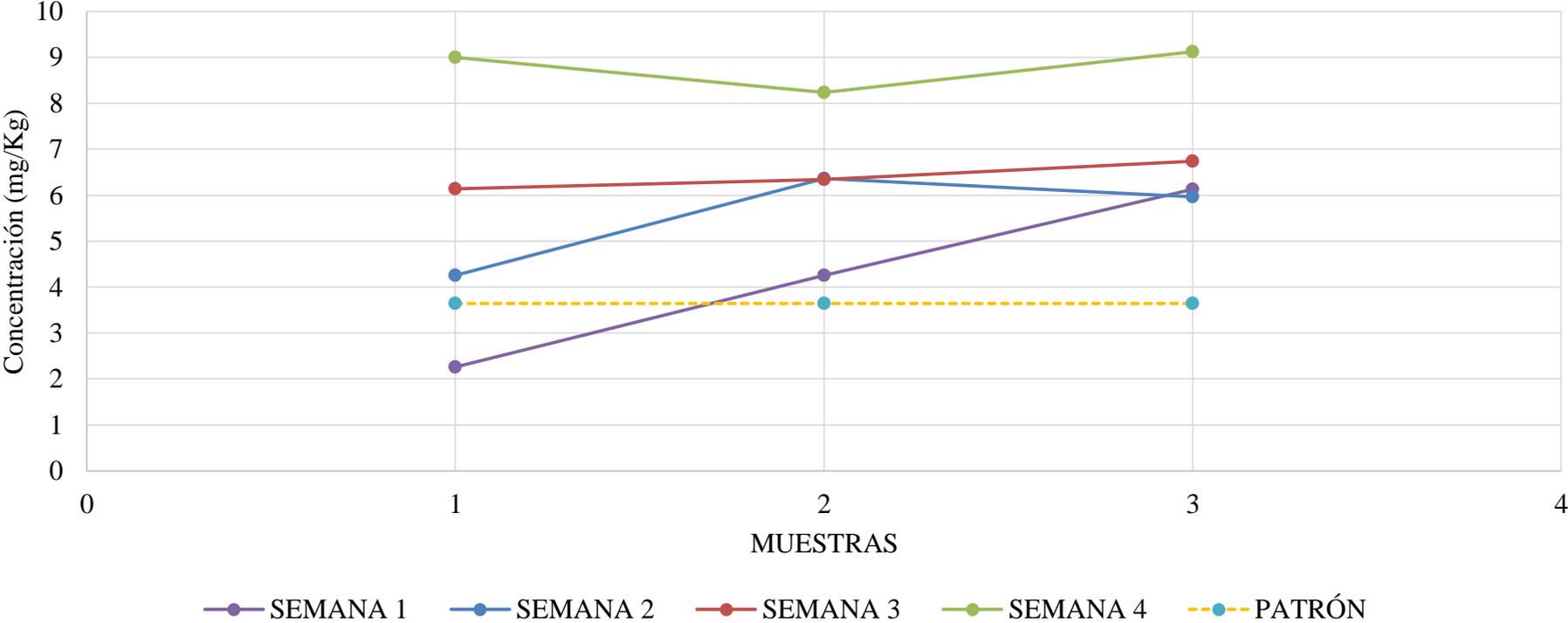
**CONCENTRACIONES DE ZINC (mg/Kg) EN LA 1ERA, 2DA, 3ERA Y 4TA SEMANA) – CALCINACIÓN-ESTUFA**

**Gráfico: 4 Concentracion Semanal de Zn**



CONCENTRACIONES DE NÍQUEL (mg/Kg) EN LA 1ERA, 2DA, 3ERA Y 4TA SEMANA) – CALCINACIÓN-ESTUFA

Gráfico 5: Concentración Semanal de Ni



La concentración de metales como el Zn > Mn > Cu > Ni > Cr (metales en orden creciente de acuerdo con su concentración total encontrada-381.72 mg/kg - 22.98 mg/kg - 14.79 mg/kg - 5.81 mg/kg - 2.70 mg/kg) (tabla XII) (Gráfico 11) obtenidas durante las diferentes semanas comprobaron el uso las hojas de Neem como un bioindicador ambiental. Los resultados indican claramente la capacidad de absorción de iones metálicos que posee dicho árbol. Sabemos que este tipo de compuestos son no biodegradables y difíciles de removerlos del ambiente por una actividad metabólica.

Se puede evidenciar un notable incremento en la concentración de la cuarta semana, en el caso del Zn (519.22 mg/kg) (gráfico 7), Ni (7.56 mg/kg) (Gráfico 8) y Cr (4.1 mg/kg) (Gráfico 9). El Cu (34.19 mg/kg) (Gráfico 6) reportó la concentración máxima en la primera semana, mientras que el Mn (26.69 mg/kg) (Gráfico 10) en la segunda semana.

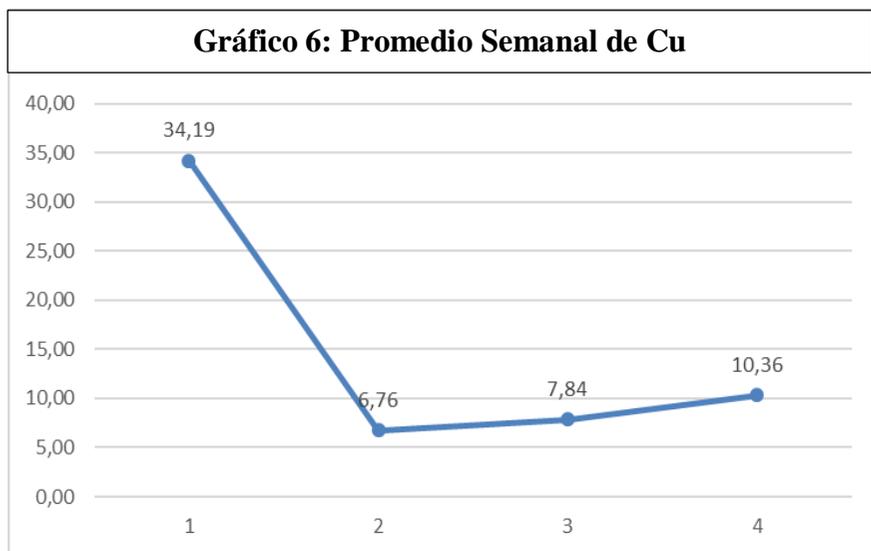
En general, la presencia de metales en la muestra analizada podría ser atribuida al estado geológico del área bajo investigación, la capacidad de las plantas y sus partes específicas para acumular metales, composición del suelo y también las emisiones vehiculares a lo largo de la avenida. También la contaminación en las zonas estudiadas está dada por la circulación y uso de buses urbanos, escolares, taxis y camionetas que cumplieron su vida útil de trabajo, aportando de esta forma al incremento de contaminación ambiental. Otro factor influyente sobre los resultados obtenidos a partir de las hojas de Neem, es la presencia de hollín (Sustancia negra y grasienta que es producto de combustión), observada y presenciada durante la recolección de muestras de la tercera y cuarta semana en la Av. Luis Vernaza y calle Loja.

**Tabla XII: Concentración de metales obtenidos por semana - Calcinación**

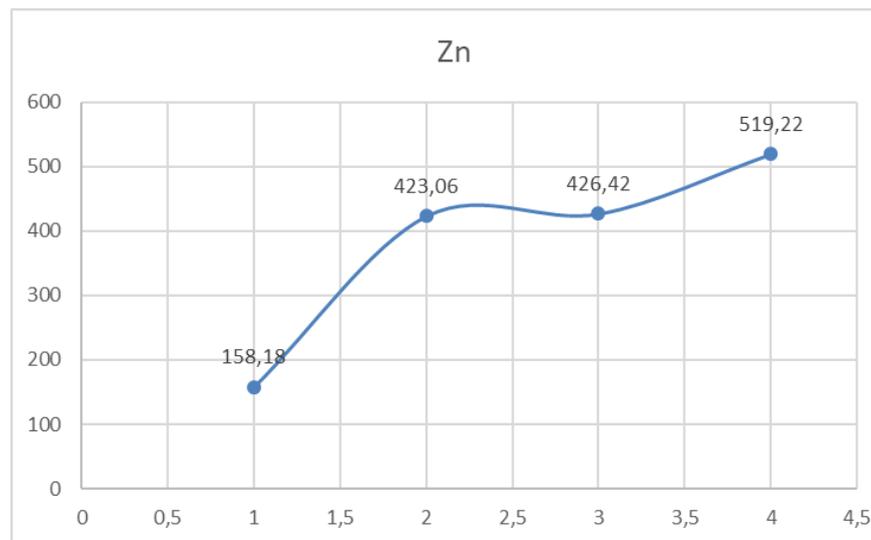
<b>CROMO (mg/Kg)</b>					
	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>	<b>Promedio Total</b>
<b>Promedio Semanal</b>	1.09	2.26	3.34	4.1	2.70
<b>NIQUEL (mg/Kg)</b>					
<b>Promedio Semanal</b>	3.00	7.33	5.34	7.56	5.81
<b>COBRE (mg/Kg)</b>					
<b>Promedio Semanal</b>	34.19	6.76	7.84	10.36	14.79
<b>MANGANESO (mg/Kg)</b>					
<b>Promedio Semanal</b>	21.00	26.69	21.61	22.62	22.98
<b>ZINC (mg/Kg)</b>					
<b>Promedio Semanal</b>	158.18	423.06	426.42	519.22	381.72

## COMPORTAMIENTO DE LOS METALES PESADOS EN EL PERIODO DE LAS 4 SEMANAS

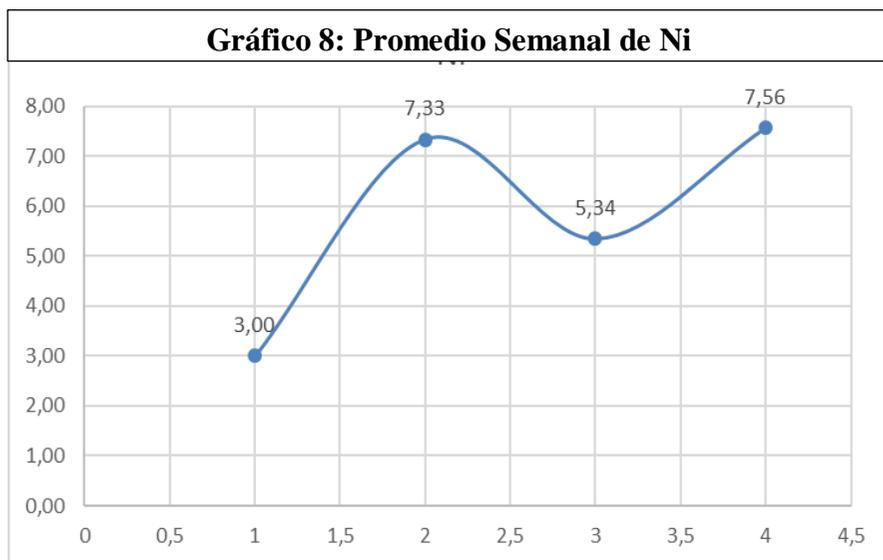
**Gráfico 6: Promedio Semanal de Cu**



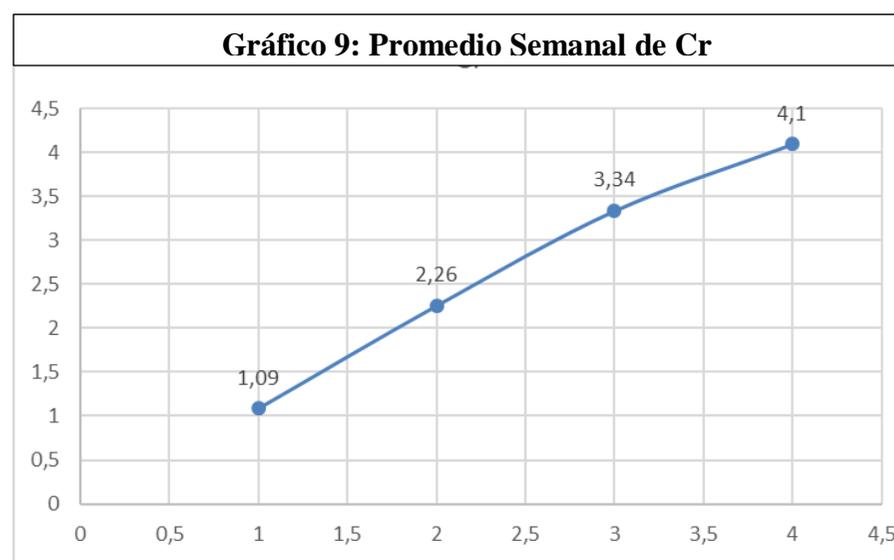
**Zn**



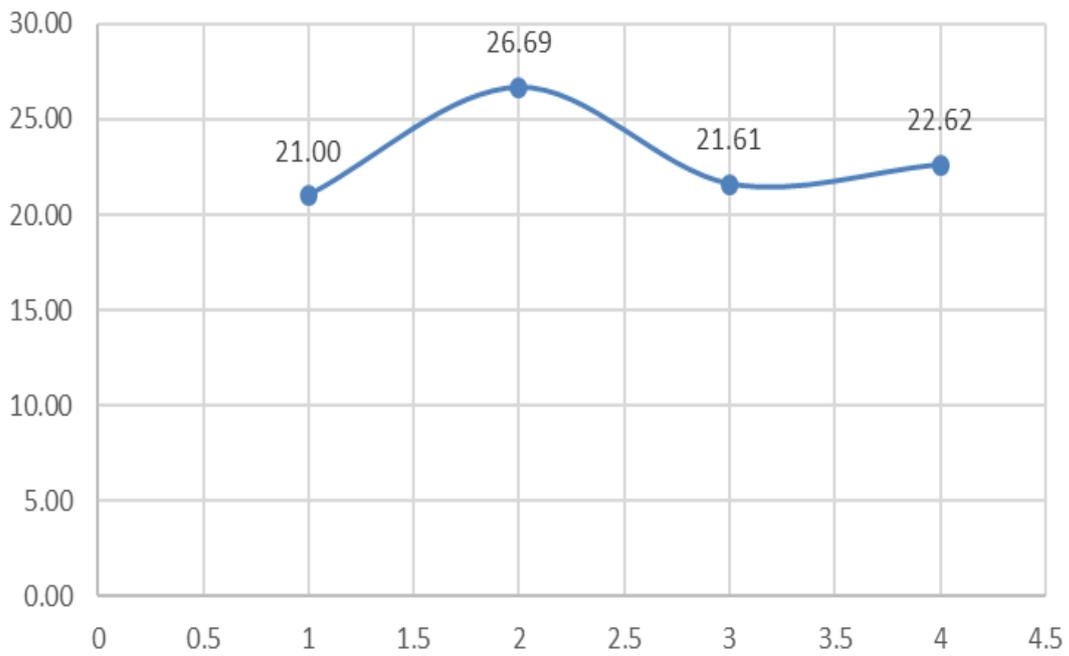
**Gráfico 8: Promedio Semanal de Ni**



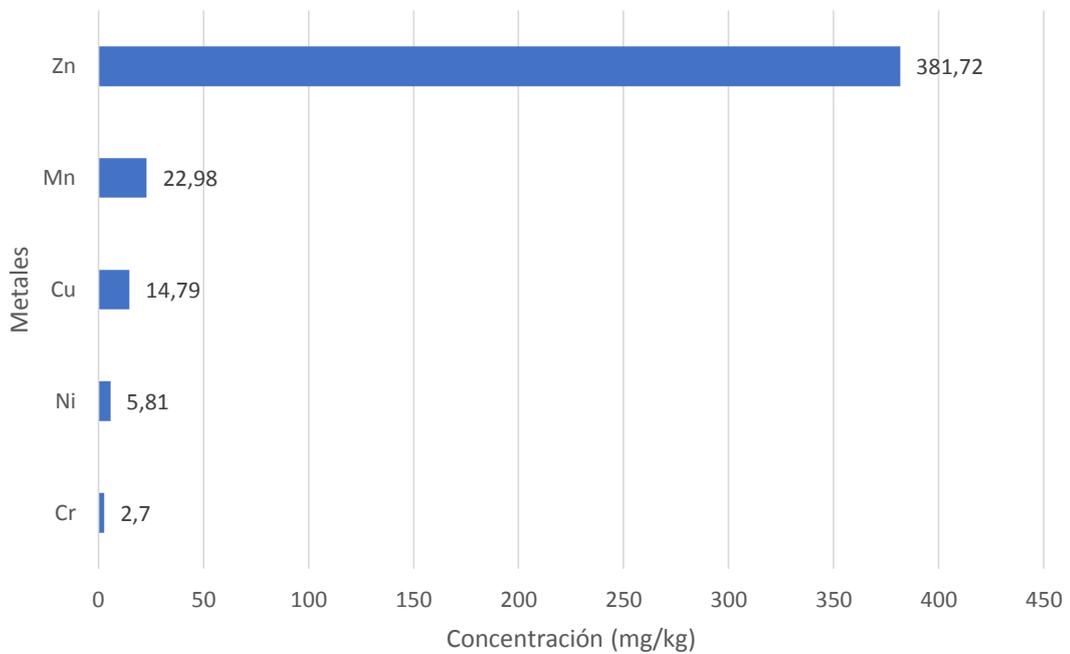
**Gráfico 9: Promedio Semanal de Cr**



**Gráfico 10: Promedio Semanal de Mn**



**Gráfico 11: Concentración Total de metales**



Varios estudios han comprobado el uso de plantas como bioindicadores. La Tabla XIII nos muestra la concentración de metales en diferentes especies de plantas.

**Tabla XIII Tabla Comparativa de concentraciones de metales pesados en hojas de plantas en diferentes países (Artículos entre 2011-2017).**

Autores	Unidades	Especie	Concentración de metales pesados en hojas de plantas							
			Pb	Cd	As	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni
Lawal, AO et al, Nigeria 2011	mg/kg	<i>(Azadiracht a indica)</i>	0.77	NA	NA	2.67	2.48	1.91	0.17	1.14
			2.55			4.72	6.08	2.99	0.37	1.92
A. U. Augustine et al, Nigeria, 2016	mg/kg	<i>(Azadiracht a indica)</i>	0.028	NA	NA	NA	0.061	NA	0.013	0.028
			0.570				1.326		0.201	0.261
C. Y. Chang et al, China, 2016	mg/ kg	<i>(Brassica olerace)</i>	0.055	0.020	0.033	NA	NA	NA	0.095	NA
		<i>(Lactuca sativa)</i>	0.260	0.060	0.063				0.230	
M.S. Mshelia et al, Nigeria 2012	mg/kg	<i>(Mangifera Indica)</i>	NA	0.004	NA	NA	0.04	NA	0.01	NA
				0.009			0.07			
M.S. Mshelia et al, Nigeria 2012	mg/kg	<i>(Psidium Guajava L.)</i>	NA	0.003	NA	NA	0.06	NA	0.03	NA
							0.07		0.04	
M.S. Mshelia et al, Nigeria 2012	mg/kg	<i>(Anacardiu m Occidentale L.)</i>	NA	0.006	NA	NA	0.26	NA	0.01	NA
				0.009			0.48		0.03	
Fredizzi et. al, Brasil 2017	µg/g	<i>(Vascular)</i>	0.63	0.04		47.89	30.49		1.54	0.82
		<i>(Epiphytes)</i>	6.51	0.78	NA	111.63	325.45	NA	9.15	3.64

NA: No aplica.

Los datos presentados fueron obtenidos de artículos individuales.

Se puede evidenciar que en la mayoría de las hojas de plantas, incluida las de (*Azadirachta indica*), el As no está presente. Este dato se puede corroborar directamente con los resultados obtenidos en esta investigación ya que también en las hojas de Neem no se vio reflejado una bioacumulación de este metal.

Concentraciones de As si se pudieron presenciar en (*Brassica olerace*) y (*Lactuca sativa*). La acumulación de este metal en este tipo de plantas se puede dar a las características de la superficie de las mismas. La *Lactuca sativa*, *Azadirachta indica* y *Vascular epiphytes* estudiadas en China, Nigeria y Brasil, señalaron que las hojas de Neem tienen mayor capacidad de absorción de metales como Pb, Mn, Zn, Cu, Cr y Ni, afirmando la presencia de contaminantes en el del aire y la eficacia de las plantas como bioindicadores ambientales.

Al conocer que los países tomados como referencia en la Tabla XIV tienen una mayor contaminación del aire en el mundo según los datos publicados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) permite señalar que los niveles de concentración de los metales encontrados en la ciudad de Guayaquil se asemejan a los que están presentes en las plantas vasculares localizadas en Brasil (Fredizzi & et al., 2017) indicando así que las hojas de Neem tienen la posibilidad de utilizarse para dar un diagnóstico de calidad ambiental en las áreas urbanas seleccionadas de la ciudad de Guayaquil.

Debido a que los límites máximos permisibles en el aire (tabla V) se expresan en  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$  y que el monitoreo de metales para su evaluación de riesgos ambientales consiste en medir el metal total capturado en la fracción PM10 (Particulate matter) no se pudo establecer una relación directa con las normas ambientales vigentes y las concentraciones de metales encontradas expresadas en mg/kg. Sin embargo, lo que se pudo confirmar fue la capacidad de retención y acumulación de metales pesados en plantas.

## CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Se determinó y evaluó la concentración de metales pesados en las hojas de Neem ubicados en diferentes zonas urbanas de la ciudad de Guayaquil, con previa identificación taxonómica y estudios botánicos, comprobando que la especie estudiada, si corresponde a *Azadirachta indica*.

Se evidenció que existe una diferencia significativa entre los resultados obtenidos por métodos de secado por estufa y sol, determinando que las hojas de Neem secadas por el sol presentaron concentraciones inferiores a las secadas por la estufa.

Se comprobó que el método más adecuado para la detección de los metales seleccionados en las hojas de Neem es el de calcinación, debido a que los valores obtenidos de los analitos fueron mayores en comparación a los otros métodos (infusión y digestión).

Las muestras compuestas recolectadas en la Avenida Luis Vernaza y Calle Loja mostraron una mayor concentración de metales que en la otra zona (Malecón Simón Bolívar y Plaza Colón).

Las concentraciones de metales encontrados permitieron exceder criterios de calidad ambiental en la zona de estudio, concluyendo que las concentraciones de metales pesados

analizados fueron incrementando en la cuarta semana en el caso de Cr, Ni y Zn y que el Zn fue el metal que se presentó en mayor concentración (381.72 mg/kg).

La concentración de metales encontradas tuvo un orden creciente de acuerdo a su concentración total Zn > Mn > Cu > Ni > Cr (381.72 mg/kg - 22.98 mg/kg - 14.79 mg/kg - 5.81 mg/kg - 2.70 mg/kg).

La presencia de metales en las hojas confirmó el riesgo de contaminación ambiental debido a muchos factores incluyendo la emisión vehicular dentro y en los alrededores de la zona urbana en la ciudad de Guayaquil.

Los resultados demostraron que el Neem tiene una capacidad de absorción de metales debido a los grupos funcionales presentes en su estructura química y a la vez demuestran que sirven como bioindicadores ambientales.

La conversión de unidades impidió establecer una relación directa con la concentración de metales encontradas expresadas en mg/kg y las normas ambientales vigentes.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las personas que habitan a lo largo de las avenidas desistir de usar hojas de árboles de Neem en un tiempo prolongado ya que puede ser perjudicial para su salud por el alto contenido de ciertos metales como el cromo ya que al realizar la comparación de nuestros resultados con los niveles máximos permisibles en plantas herbales establecida por la OMS / FDA (TABLA XI), este metal presentó una concentración de 2.70 mg/kg.
- Realizar el análisis del suelo o sedimentos locales.
- Realizar la digestión húmeda por sistema cerrado.
- Continuar analizando Pb, Cd y As para ver su incremento a largo plazo.
- Realizar el estudio en otros sectores para ver el efecto del impacto ambiental proveniente de la contaminación industrial.
- Analizar otras partes de la planta.
- Analizar el hollín que se encuentra en las hojas del Luis Vernaza.
- Realizar el estudio en otros sectores para ver el efecto del impacto ambiental proveniente de la contaminación industrial.

## BIBLIOGRAFÍA

Alatzne, C. (2008). *Estudio de metodos analiticos para la determinacion de metales en suelos y vegetacion. Influencia del trafico rodado*. Coruña: 9.

Almea, A. (2018). *Secretaria de Ambiente*. Obtenido de Compensaciopn de huellas climaticas en Quito: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/indice-de-calidad-del-aire-2>

Akpoveta & Osakwe. (2014). Determinación del contenido de metales pesados en refinado de productos de petróleo. *IOSR Revista de Química Aplicada (IOSR-JAC)*, 01-02.

Anónimo. (2015). *CORPORACIÓN DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES*. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>

Onwuka, J., & Albert, C. (2016). Determinación de la concentracin de metales pesados en Neem (*Azadirachta indica*) hojas, corteza y el suelo a lo largo de algunas carreteras principales en Lafia, el estado de Nasawa Nigeria. *Revista de Química ambiental y ecotoxicología.*, 38-43.

Babayo, A. (2015). Heavy Meals Distribution in *Azadirachta indica*( Neem Tree) around the neighbourhood of Ashaka cement factory in gombe state nigeria. *Merit research journals*, 102-109.

Bhattacharyya, A. S. (2014). *La adsorción de cromo (VI) en Azadirachta Indica (Neem)*. doi:10.1007 / s10450-005-4818-x

Bowen, H. (2008). *Environmental chemistry of the elements*. London: Academic Press.

Boxler, M. (2012). *Infusiones de plantas aromaticas y medicinales*. Obtenido de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Bresciani, L. (2010). *Who Guidelines for assessing of herbal medicine*. Obtenido de World health organization: <https://outlook.office.com/owa/?realm=ug.edu.ec&exsvurl=1&ll-cc=12298&modurl=0&path=/attachmentlightbox>

Bua, G. (2016). *Metales pesados en plantas por espectrometría de masa de plasma acoplada inductivamente*. Riad.

Coello, M. (15 de Octubre de 2014). *Gasolina Ecopaís*. Recuperado el 18 de Agosto de 2018, de foros Ecuador.ec: <http://www.forosecuador.ec/forum/aficiones/autos-y-motos/8460-gasolina-ecopa%C3%ADs>

Conrick, j. (2001). Neem: The Ultimate Herb. En j. Conrick, *Neem: The Ultimate Herb* (págs. 1-9). Adelaide.

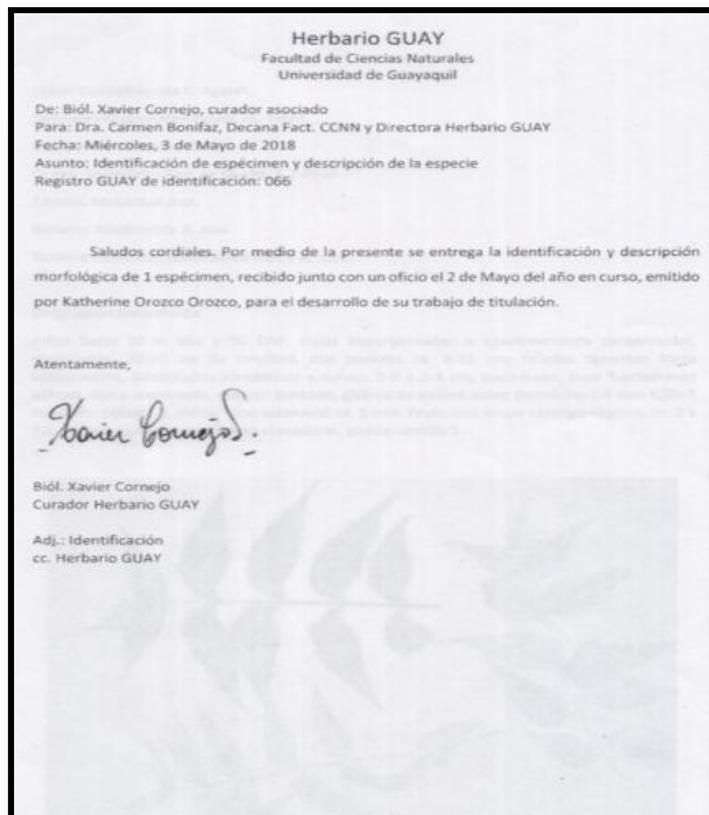
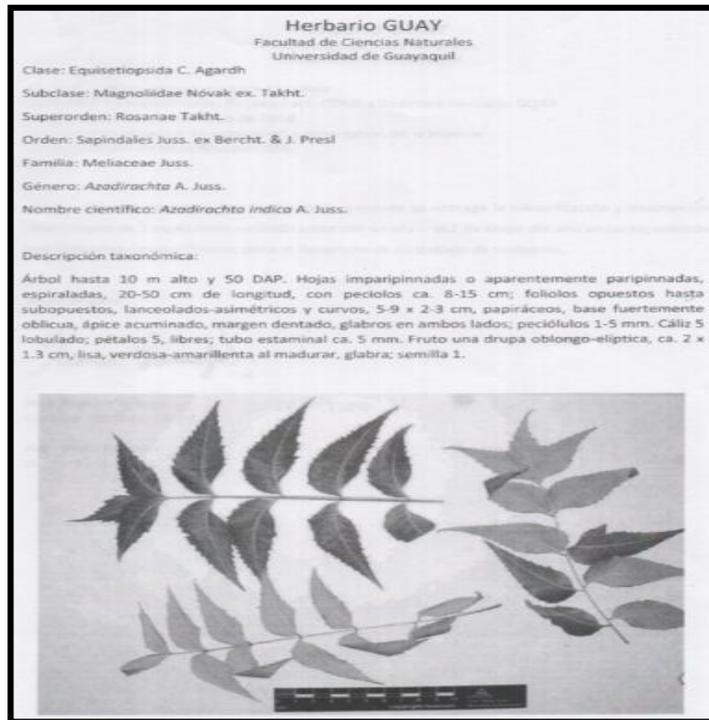
- Cornejo, X. (2018). *Descripción taxonomica de hojas de Arbol de Neem*. Guayaquil: Herbario GUAY. Obtenido de Inventario de Recursos forestales: [http://atm.gob.ec/content/aerovia/EIA%20AEROVIA%20Diciembre%202017/CAP%209%20-%20INVENTARIO%20FORESTAL%20CORREGIDO%2010\\_NOV\\_2017.pdf](http://atm.gob.ec/content/aerovia/EIA%20AEROVIA%20Diciembre%202017/CAP%209%20-%20INVENTARIO%20FORESTAL%20CORREGIDO%2010_NOV_2017.pdf)
- Cornejo, M., & López, M. (2010). *Productos de Neem*. Obtenido de Aceite de Neem Aplicaciones Agrícolas: <https://productosdeneem.com/agricult.htm>
- De la torre, F. (2015). *Apuntes de espectrofotometria*. Recuperado el 13 de Agosto de 2018, de Bioquímica.ucv.cl: <http://www.bioquimica.ucv.cl/paginas/central/bioquimica%20clinica/apuntes%20de%20espectrofotometria.pdf>
- Díaz, N., & Malik, J. (2017). *Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*. Recuperado el 13 de Agosto de 2018, de uco.es: [https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08\\_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf](https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf)
- Fontaine, G., Narváez, I., & Cisneros, P. (2008). *Estado del aire*. Recuperado el 17 de Agosto de 2018, de pnuma.org: <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/41446.pdf>
- Fredizzi, D., & Madureira, J. (2017). *Efectos genotóxicos después de la exposición a la contaminación atmosférica en vendedores ambulantes de un área urbana de alto tráfico*. Brasil.
- Fresenius, J., & Chem, A. (2005). *Determinación de las concentraciones de metales pesados en las plantas expuestas a diferentes grados de contaminación utilizando ICP-AES*. Obtenido de file:///C:/Users/tct/Desktop/kos1996.en.es.pdf
- Gallegos, W., & Noriega, M. V. (2012). *La Granja*. Obtenido de ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON LLAMA Y SU APLICACION: <http://www.redalyc.org/pdf/4760/476047399003.pdf>
- Gardea, C. (Junio de 2014). *El árbol de Neem*. Recuperado el 17 de Agosto de 2018, de wordpress: <https://navegantecalifornio.wordpress.com/2014/06/11/el-arbol-de-neem-nim-azadirachta-indica-la-farmacia-del-pueblo/>
- Geiger, A., & Cooper, J. (2010). *Overview of Airborne Metals Regulations, Exposure Limits, Health Effects, and Contemporary Research*. Obtenido de file:///C:/Users/user/Downloads/TABLAS%20DE%20LIMITE%20DE%20METALES.pdf
- Guzmán, K. (2011). *Gasoleo*. Recuperado el 17 de Agosto de 2018, de Qyce: <http://www.qyce.com.mx/pages/inicio/articulo-inicio/diesel.php>
- Hidalgo, M. (2002). *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de OBTENCIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE NIM POR EXTRACCIÓN DE GASOLINA NATURAL: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/752/1/NIM.pdf>
- Hurtado, M. (06 de Mayo de 2016). *ToxFAQs™ - Cinc (Zinc)*. Recuperado el 16 de Agosto de 2018, de atsdr.cdc.gov: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts60.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts60.html)

- Hurtado, M., & Urdaneta, P. (Octubre de 2012). Recuperado el 16 de Agosto de 2018, de [atsdr.cdc.gov ToxFAQs™ sobre el manganeso, niquel: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts151.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/ToxFAQsTM/sobre/el/manganeso,niquel:https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts151.pdf)
- Illicachi, M. (Noviembre de 2015). *La contaminación del medio ambiente provocado por los vehículos a motor por la emisión de monóxido de carbono y su incidencia en la salud de la población del centro histórico de Quito en el año 2014*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5849/1/T-UCE-0013-Ab-062.pdf>
- Larios, M. (2014). *Niveles de Cd, Pb, As, Ni, Co, Cu, Cr en los suelos de ribera de la cuenca del río turia*. Barcelona.
- Lawal, A., Batagarawa, s., & Oyeyinka, O. (2011). *Estimación de los metales pesados en las hojas del árbol de Neem a lo largo de Katsina-Dutsinma-Funtua, carretera en el estado de Katsina de Nigeria*. Katsina.
- Ledesma, C., & Ledesma, W. (2012). *UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR. EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE PLÁNTULAS DE NEEM (Azadirachta indica)*: <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/944/1/003.pdf>
- Machado, A., & et.al. (2008). *Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular*. Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992008000400003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992008000400003)
- Maldonado, J. (2012). *LPG*. Obtenido de EXCEPTIONAL ENERGY: <https://www.wlpga.org/wp-content/uploads/2015/10/WLPGA-EE-PDF-ES.V1.pdf>
- Maldonado, J., & Machado, A. (2018). *Gasolina*. Recuperado el 17 de Agosto de 2018, de Ecured: <https://www.ecured.cu/Gasolina>
- Mashcabi. (3 de Noviembre de 2017). *Aquamarket*. Recuperado el 13 de Agosto de 2018, de Muestra compuesta, muestra puntual: <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2389&termino=muestra+compuesta>
- Mendoza, B., Marco, L., & Almas, L. (2014). *EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE DIGESTIÓN ÁCIDA EN EL ANÁLISIS DE TEJIDO FOLIAR DE CAÑA (Saccharum officinarum L.)*. Obtenido de <file:///C:/Users/tct/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeDosMetodosDeDigestionAcidaEnElAnalisis-5070240.pdf>
- Montúfar, N., Olaya, E., & Moreno, I. (2010). *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Obtenido de Proyecto de inversión para el cultivo de árbol de Neem como materia prima destinado al sector industrial: <file:///C:/Users/tct/Documents/2952.pdf>
- Onwuka, J., & Albert, C. (2016). Determinación de la concentración de metales pesados en Neem (Azadirachta indica) hojas, corteza y el suelo a lo largo de algunas carreteras principales en Lafia, el estado de Nasawa Nigeria. *Revista de Química ambiental y ecotoxicología.*, 38-43.
- Osuna, E. (2012). *PRODUCCIÓN DE PLANTAS Y ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE PLANTACIONES DE NEEM (Azadirachta indica)*. Recuperado el 17 de Agosto de 2018, de [fundesyram.info: http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3506](http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3506)

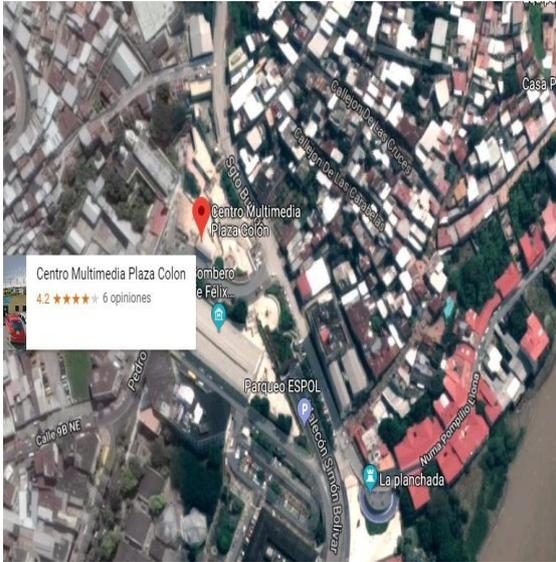
- Otazu. (2010). *Influencia de la temperatura y tiempo de secado en la calidad de las hojas de cymbopogon citratus d.c. staf.* Viçosa.
- Oviedo, R., Anchundia, Moina, & Naranjo, J. (2010). *Investigacion.* doi: 10.21931/RB/2017.02.04.5
- Patel, S. (2015). Heavy Metal Contamination of tree leaves. *American Journal of Analytical Chemistry*, 687-693.
- Perés, J., & Olaya, J. (2013). *CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE.* Obtenido de <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/09ProdQui/120MetTox.htm>
- Peréz, A. (2013). *Rutas Biotecnologicas.* Obtenido de [http://ftp.murciaeduca.es/programas\\_educativos/Nuevo1/LIBROETSIA/index.html](http://ftp.murciaeduca.es/programas_educativos/Nuevo1/LIBROETSIA/index.html)
- Pomilio, A., Bernatené, E., & Vitale, A. (2011). *"Manual de técnicas instrumentales"*. Recuperado el 13 de Agosto de 2018, de Espectrometría de masas: <http://www.scielo.org.ar/pdf/abcl/v45n1/v45n1a03.pdf>
- Riquelme, C. (2015). *ANALISIS ESTADISTICO DE CONCENTRACIONES Y DISTRIBUCIONES DE METALES PESADOS PARA EL MUNICIPIO.* Comarca del Vallés.
- Rodríguez, M. (2015). *BAY AREA AIR QUALITY MANAGEMENT DISTRICT.* Obtenido de [http://www.baaqmd.gov/research-and-data/air-quality-standards-and-attainment-status?sc\\_lang=es-MX&switch\\_lang=true](http://www.baaqmd.gov/research-and-data/air-quality-standards-and-attainment-status?sc_lang=es-MX&switch_lang=true)
- Salas, A. (Septiembre de 2016). *ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL IMPUESTO AMBIENTAL.* Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14273/1/TESIS%20-%20Alexis%20Salas%20%28Tributacion%20y%20finanzas%29.pdf>
- Toufik, S. (2013). *Twenergy.* Obtenido de Contaminacion ambiental: <https://twenergy.com/a/que-es-la-contaminacion-ambiental-456>
- Urdaneta, P., & Figeroa, G. (Mayo de 2016). *ToxFAQs™ - Cobre (Copper).* Recuperado el 16 de Agosto de 2018, de [atsdr.cdc.gov: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts132.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts132.html)
- Urdaneta, P.(Agosto de 2012). *ToxFAQ sobre el arsénico, plomo, cromo.* Recuperado el 16 de Agosto de 2018, de [atsdr.cdc.gov: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts2.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts2.pdf)
- Venkata, D., Swarlu, P., & Matric, V. (2005). *Universidad de Andhra.* doi:530 003

## ANEXOS

### Anexo 1: Descripción Botánica del árbol de Neem realizado Por la Facultad de Ciencias Naturales e de la Universidad de Guayaquil



## Anexo 2: Reconocimiento de áreas seleccionadas Plaza Colón



## Anexo 3: Reconocimiento de áreas seleccionadas Plaza Colón y Pedro Carbo y Luis Vernaza; calle Loja



**Anexo 4: Recolección de muestra en Plaza Colón**



**Anexo 5: Recolección de muestra en Luis Vernaza; calle Loja**



**Anexo 6: Presencia de Hollín durante la recolección de las muestras**



### Anexo 7: Ficha de Recolección de Azadirachta indica en la zona urbana de Guayaquil

MUESTRA N°: LV HCB42	FECHA: 9 de Mayo del 2012 HORA: 11:32 a.m.	HOJAS DE (Azadirachta indica)
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: Las Veneras, Calle Jaja	CONDICIONES AMBIENTALES: <input type="checkbox"/> LLUVIA      TEMPERATURA: 32°C <input type="checkbox"/> NUBLADO      HUMEDAD: 59% <input checked="" type="checkbox"/> SOLEADO	
TIPO DE MUESTREO:	<input type="checkbox"/> PUNTUAL <input checked="" type="checkbox"/> COMPUESTA	
CONSERVACIÓN/ALMACENAMIENTO DE LA MUESTRA:	Recolección en cajas de cartón; Almacenamiento y conservación en frascos hermeticamente sellados.	
OBSERVACIONES:	Se obtuvieron solo los peciolos de los frutos.	
MUESTREADO POR:	Johannes Cecero; Willem Ponce	

MUESTRA N°: LV HCB43	FECHA: 9 de Mayo del 2012 HORA: 11:48 a.m.	HOJAS DE (Azadirachta indica)
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: Las Veneras, Calle Jaja	CONDICIONES AMBIENTALES: <input type="checkbox"/> LLUVIA      TEMPERATURA: 32°C <input type="checkbox"/> NUBLADO      HUMEDAD: 57% <input checked="" type="checkbox"/> SOLEADO	
TIPO DE MUESTREO:	<input type="checkbox"/> PUNTUAL <input checked="" type="checkbox"/> COMPUESTA	
CONSERVACIÓN/ALMACENAMIENTO DE LA MUESTRA:	Recolección en cajas de cartón; Almacenamiento y conservación en frascos hermeticamente sellados.	
OBSERVACIONES:	Se obtuvieron solo los peciolos de los frutos.	
MUESTREADO POR:	Johannes Cecero; Willem Ponce	

**Anexo 8: Representa las condiciones ambientales (Temperatura y Humedad), bajo las cuales estaban sometidas las muestras durante su recolección en los puntos de muestreos seleccionados.**

CONDICIONES AMBIENTALES DE LA TOMA DE MUESTRA																				
PRIMERA SEMANA						SEGUNDA SEMANA					TERCERA SEMANA					CUARTA SEMANA				
IDENTIFICACION	FECHA	HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD	PRECIPITACION	FECHA	HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD	PRECIPITACION	FECHA	HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD	PRECIPITACION	FECHA	HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD	PRECIPITACION
BLANCO	01/05/2018	12:00 pm	32°C	62%	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC MP#1	04/05/2018	13:00 p.m.	32°C	62%	NO	09/05/2018	10:02 a.m.	28°C	66%	NO	16/05/2018	10:20 a.m.	28°C	66%	NO	24/05/2018	10:35 a.m.	28°C	67%	NO
PC MP#2	04/05/2018	13:10 p.m.	32°C	62%	NO	09/05/2018	10:10 a.m.	28°C	66%	NO	16/05/2018	10:30 a.m.	28°C	70%	NO	24/05/2018	10:42 a.m.	27°C	71%	NO
PC MP#3	04/05/2018	13:22 p.m.	32°C	60%	NO	09/05/2018	10:23 a.m.	29°C	61%	NO	16/05/2018	10:42 a.m.	29°C	70%	NO	24/05/2018	10:53 a.m.	28°C	70%	NO
PC MC# 1,2	04/05/2018	13:30 p.m.	33°C	61%	NO	09/05/2018	10:31 a.m.	28°C	64%	NO	16/05/2018	10:50 a.m.	29°C	70%	NO	24/05/2018	11:10 a.m.	28°C	70%	NO
PC MC# 3,4,5	04/05/2018	13:51 p.m.	33°C	59%	NO	09/05/2018	10:53 a.m.	30°C	60%	NO	16/05/2018	11:02 a.m.	29°C	67%	NO	24/05/2018	11:25 a.m.	27°C	71%	NO
LV MC# 1,2	04/05/2018	14:35 p.m.	33°C	60%	NO	09/05/2018	11:32 a.m.	32°C	59%	NO	16/05/2018	11:41 a.m.	30°C	62%	NO	24/05/2018	12:14 p.m.	29°C	69%	NO
LV MC# 3,4,5	04/05/2018	14:47 p.m.	32°C	60%	NO	09/05/2018	11:44 a.m.	32°C	57%	NO	16/05/2018	11:55 a.m.	30°C	63%	NO	24/05/2018	12:35 p.m.	28°C	66%	NO

Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VII: Ubicación e identificación de los puntos de muestreo pag: 49  
 Temperatura Min (27°C) Max (33°C)  
 Humedad Mín (57%) Max (71%) Ausencia de Precipitación

**Anexo 9: Tratamiento de la muestra (Deshoje, Secado, Trituración y Almacenamiento)**



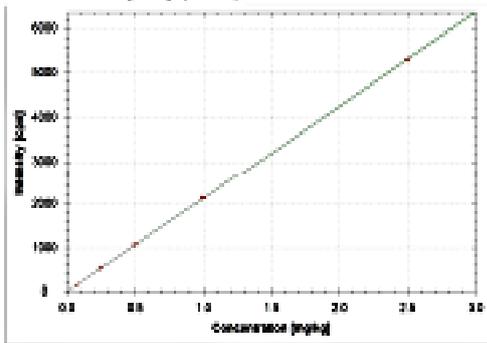
**Anexo 10: Análisis de la muestra (Métodos de extracción: Extracción acuosa, Digestión por vía húmeda, calcinación)**



Se determinaron cada una de las concentraciones de las muestras, utilizando curvas de calibración (Anexo 11) de cada uno de los metales pesados por ICP-OES y AAS respectivamente. Obteniendo un R2 promedio de 0.9999 demostrando la linealidad en cada una de ellas.

**Anexo 11: Curvas de calibración de Cd (55-6000ppm), Pb (50-1000 ppm), Mn (5-5000 ppm), Cu (5-5000 ppm), Cr (5-5000 ppm), Ni (5-5000 ppm), Zn (5-5000 ppm), As (50-1000 ppm).**

**Cd 228.502 (449) (Axial)**

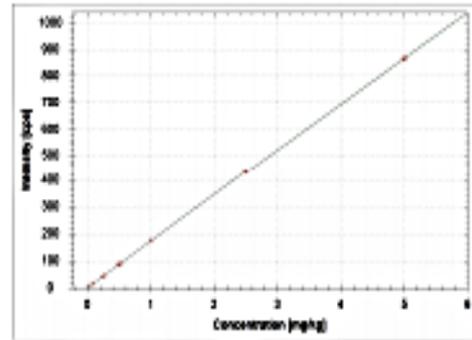


$$f(x) = 2124.3837 \cdot x + -1.3681$$

$$R^2 = 0.9999$$

$$BEC = -0.001 \text{ mg/kg}$$

$$LoD = 0.0002 \text{ mg/kg}$$



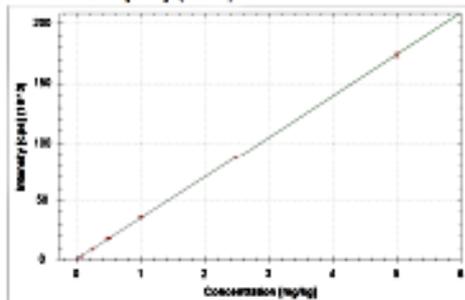
$$f(x) = 173.1502 \cdot x + 0.2396$$

$$R^2 = 1.0000$$

$$BEC = 0.001 \text{ mg/kg}$$

$$LoD = 0.0149 \text{ mg/kg}$$

**Mn 257.610 (131) (Axial)**

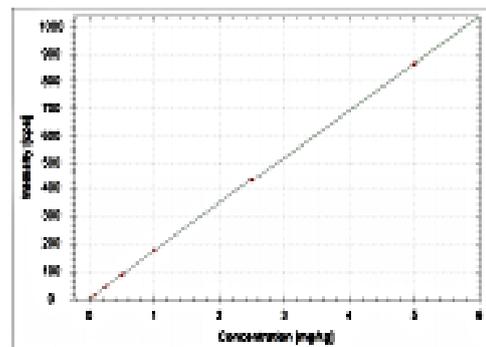


$$f(x) = 34778.1588 \cdot x + 12.4329$$

$$R^2 = 1.0000$$

$$BEC = 0.000 \text{ mg/kg}$$

$$LoD = 0.0002 \text{ mg/kg}$$

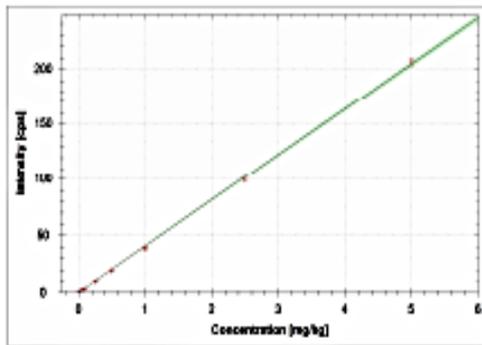


$$f(x) = 173.1502 \cdot x + 0.2396$$

$$R^2 = 1.0000$$

$$BEC = 0.001 \text{ mg/kg}$$

$$LoD = 0.0149 \text{ mg/kg}$$



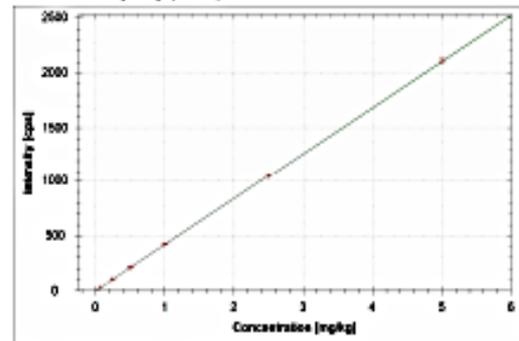
$$f(x) = 40.8541 \cdot x + 0.0897$$

$$R^2 = 0.9994$$

$$\text{BEC} = 0.002 \text{ mg/kg}$$

$$\text{LoD} = 0.0467 \text{ mg/kg}$$

Cu 224.700 (450) (Axial)



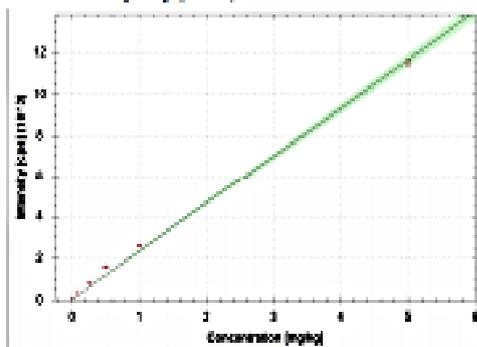
$$f(x) = 420.2926 \cdot x + 0.0893$$

$$R^2 = 1.0000$$

$$\text{BEC} = 0.000 \text{ mg/kg}$$

$$\text{LoD} = 0.0015 \text{ mg/kg}$$

Zn 213.858 (458) (Axial)



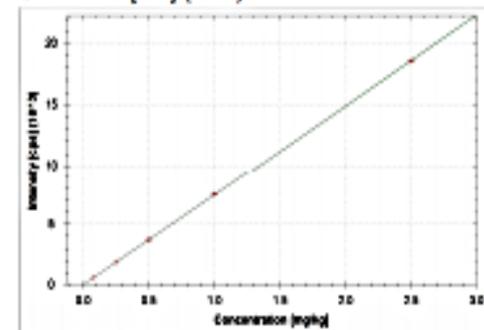
$$f(x) = 2324.7123 \cdot x + 16.0531$$

$$R^2 = 0.9968$$

$$\text{BEC} = 0.007 \text{ mg/kg}$$

$$\text{LoD} = 0.0004 \text{ mg/kg}$$

Cr 267.716 (128) (Axial)



$$f(x) = 7434.4534 \cdot x + 0.5543$$

$$R^2 = 1.0000$$

$$\text{BEC} = 0.000 \text{ mg/kg}$$

$$\text{LoD} = 0.0004 \text{ mg/kg}$$

El anexo 12 representa el método de extracción seleccionado (calcinación), el medio de secado de la muestra (estufa) y los resultados obtenidos de la concentración de metales pesados en hojas de Neem por medio de un ICP-OES, las concentraciones fueron corregidas con el FD real dando como resultado la presencia de Cr, Cu, Mn, Ni, Zn, Pb, As y Cd, notándose un incremento de resultados en las muestras de Plaza Colón y las muestras compuestas de la Av. Luis Vernaza y calle Loja en la ciudad de Guayaquil.

**Anexo 12: Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana estufa-calcinación analizados mediante ICP-OES.**

<b>PRIMERA SEMANA ESTUFA-CALCINACION</b>									
<b>Identificación</b>		<b>BLANCO</b>	<b>PC MP#1</b>	<b>PC MP#2</b>	<b>PC MP#3</b>	<b>PC MC # 1,2</b>	<b>PC MC # 3,4,5</b>	<b>LV MC # 1,2</b>	<b>LV MC # 3,4,5</b>
<b>Parámetro (Unidades)</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>
<b>Arsenico mg/kg</b>	ICP-OES	< LOQ*	0,497	0,553	0,355	0.200	0,025	0,219	0,51
<b>Cadmio mg/kg</b>	ICP-OES	0,042	0,027	0,058	0,109	0,08	0,062	0,042	0,082
<b>Cromo Total mg/Kg</b>	3120 B	0,63	0,839	0,775	0,841	0,907	0,806	1,49	1,408
<b>Cobre mg/Kg</b>	3120 B	34,976	17,455	18,814	132,529	18,239	16,757	27,508	25,46
<b>Manganeso mg/kg</b>	ICP-OES	38,501	22,868	15,711	21,619	23,119	18,354	24,189	24,176
<b>Niquel mg/Kg</b>	3120 B	0,701	1,955	2,532	2,295	2,02	2,751	3,256	2,08
<b>Plomo mg/kg</b>	ICP-OES	0,767	0,963	0,889	2,184	1,304	0,71	1,358	1,368
<b>Zinc mg/Kg</b>	3120 B	140,465	135,882	121,364	378,097	109,87	89,899	139,869	132,251

\*<LOQ: Límite máximo de Cuantificación

Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VIII, pag: 46

As (Min: <LOQ; Max: 0.553) Mn (Min: 21.619; Max: 38.501)  
 Cu (Min: 16,757; Max: 132.52) Zn (Min: 109.87; Max: 140.46)  
 Cd (Min:0.027; Max: 0.109) Ni (Min: 0.70; Max: 3.256)  
 Cr (Min: 16,757; Max: 132,529) Pb (Min: 0.71; Max: 1.304)

El anexo 13 representa los resultados obtenidos de la concentración de metales pesados en hojas de Neem por medio de un ICP-OES, se observa la presencia de Cr, Cu, Mn, Ni, Zn y la ausencia de Pb, As y Cd en las muestras de la primera semana estufa-digestión vía húmeda, notándose un incremento de resultados en las muestras compuestas de Plaza Colón y las muestras compuestas del Luis Vernaza y calle Loja en la ciudad de Guayaquil.

**Anexo 13: Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana estufa-Digestión vía húmeda analizados mediante ICP-OES.**

<b>PRIMERA SEMANA ESTUFA- DIGESTIÓN-VIA HUMEDA</b>									
<b>Identificación</b>		<b>BLANCO</b>	<b>PC MP#1</b>	<b>PC MP#2</b>	<b>PC MP#3</b>	<b>PC MC # 1,2</b>	<b>PC MC # 3,4,5</b>	<b>LV MC # 1,2</b>	<b>LV MC # 3,4,5</b>
<b>Parámetro (Unidades)</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>
<b>Arsenico mg/kg</b>	ICP-OES	<LOQ*	0.373	0.458	0.211	0.146	0.014	0.189	0.38
<b>Cadmio mg/kg</b>	ICP-OES	0.02	0.012	0.045	0.103	0.03	0.046	0.036	0.088
<b>Cromo Total mg/Kg</b>	3120 B	0,41	0.569	0.692	0.901	0.904	0.811	1.1	1.31
<b>Cobre mg/Kg</b>	3120 B	31,47	15.76	17.95	129.518	16.93	16.217	28.321	22.99
<b>Manganeso mg/kg</b>	ICP-OES	33.73	21.94	11.85	20.79	23.53	16.94	21.95	23.49
<b>Niquel mg/Kg</b>	3120 B	0.694	1.931	2.31	2.177	1.96	1.92	2.998	2.13
<b>Plomo mg/kg</b>	ICP-OES	0.573	0.892	0.619	2.162	1.371	0.51	1.19	1.183
<b>Zinc mg/Kg</b>	3120 B	100.26	120.47	104.16	102,48	105,12	114,39	102,12	124,23

\*Valores reportados menores a su límite de cuantificación  
Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VIII, pag: 46

As (Min: < 0,600; Max: 0,458) Mn (Min: 11,85; Max: 33,73)  
Cu (Min: 15,76; Max: 0,553) Zn (Min: 100,26; Max: 124,23)  
Cd (Min: 0.02 ; Max: 0.103) Ni (Min: 0,694; Max: 2,998)  
Cr (Min: 0,41; Max: 1,31) Pb (Min: 0,51; Max: 2,162)

El anexo 14 representa los resultados obtenidos de la concentración de metales pesados en hojas de Neem por medio de un ICP-OES, se observa la presencia de Cr, Cu, Mn, Ni, Zn y la ausencia de Pb, As y Cd en las muestras de la primera semana estufa-calcinación, notándose un

incremento muy significativo de resultados todas las muestras compuestas tanto de Plaza Colón como del Luis Vernaza y calle Loja en la ciudad de Guayaquil.

**Anexo 14: Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana estufa-infusión analizados mediante ICP-OES.**

PRIMERA SEMANA ESTUFA-INFUSIÓN									
Identificación		BLANCO	PC MP#1	PC MP#2	PC MP#3	PC MC # 1,2	PC MC # 3,4,5	LV MC # 1,2	LV MC # 3,4,5
Parámetro (Unidades)	Método	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Arsenico mg/kg	ICP-OES	< 0,060*	0.121	0.311	0.151	0.099	0.025	0.09	0.07
Cadmio mg/kg	ICP-OES	<0.01*	0.011	0.01	0.07	0.01	0.013	0.012	0.02
Cromo Total mg/Kg	3120 B	0.09	0.152	0.121	0.162	0.189	0.410	0.62	0.793
Cobre mg/Kg	3120 B	12.53	7.931	9.148	45.816	11.07	5.178	10.61	9.059
Manganeso mg/kg	ICP-OES	11.938	7.291	1.843	1.938	3.963	7.82	7.197	6.917
Niquel mg/Kg	3120 B	0.02	0.093	0.05	0.081	0.037	0.092	0.1	0.079
Plomo mg/kg	ICP-OES	0.026	0.01	0.013	0.091	0.035	0.016	0.053	0.034
Zinc mg/Kg	3120 B	89.56	101.12	100.07	103.33	111.16	101.16	97.73	101.12

\*Valores reportados menores a su límite de cuantificación  
Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VIII, pag: 46

As (Min: < 0,600; Max: 0.31) Mn (Min: 1,843; Max: 11,938)  
Cu (Min: 5.178; Max: 45,81) Zn (Min: 89.56; Max: 111,16)  
Cd (Min: <0,01; Max: 0,07) Ni (Min: .02; Max: 0.1)  
Cr (Min: 0.09; Max: 0.410) Pb (Min: 0.01; Max: 0.091)

El anexo 15 representa los resultados obtenidos de la concentración de metales pesados en hojas de Neem por medio de un ICP-OES, se observa la presencia de Cr, Cu, Mn, Ni, Zn y la ausencia de Pb, As y Cd en las muestras de la primera semana sol-infusión, notándose un incremento de resultados en las muestras de Plaza Colón y las muestras compuestas del Luis Vernaza y calle Loja en la ciudad de Guayaquil.

**Anexo 15: Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana sol-infusión analizados mediante ICP-OES.**

PRIMERA SEMANA SOL-INFUSIÓN									
Identificación		BLANCO	PC MP#1	PC MP#2	PC MP#3	PC MC # 1,2	PC MC # 3,4,5	LV MC # 1,2	LV MC # 3,4,5
Parámetro (Unidades)	Método	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Arsenico mg/kg	ICP-OES	< 0,600*	< 0,600*	< 0,600*	0.775	0.655	0.742	0.085	0.1
Cadmio mg/kg	ICP-OES	< 0,01*	0.011	0.014	0.02	0.01	0.019	0.014	0.013
Cromo Total mg/Kg	3120 B	0.052	0,027	0,020	0,057	0,012	0,067	0,108	0,033
Cobre mg/Kg	3120 B	0,230	0,110	1,145	1,071	2,119	0,903	0,947	1.238
Manganeso mg/kg	ICP-OES	0.814	0.939	0.375	0.639	0.926	0.849	0.913	0.995
Niquel mg/Kg	3120 B	0.02	0.068	0.321	0.028	0.337	0.221	0.097	0.099
Plomo mg/kg	ICP-OES	< 0,3*	< 0,3*	< 0,3*	< 0,3*	0.335	0.426	0.427	0.564
Zinc mg/Kg	3120 B	99.56	97.21	91.35	112.14	83.23	81.63	94.362	91.06

\*Valores reportados menores a su límite de cuantificación  
Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VIII, pag: 46

As (Min: < 0,600; Max: 0.100) Mn (Min: 0.375; Max: 0,939)  
Cu (Min: 0,230; Max: 2.119) Zn (Min: 81.63; Max: 112.14)  
Cd (Min: < 0,01 ; Max: 0.019) Ni (Min: 0.02; Max: 0,337)  
Cr (Min: 0.012; Max: 0,108) Pb (Min: < 0,3; Max: 0,564)

El anexo 16 representa los resultados obtenidos de la concentración de metales pesados en hojas de Neem por medio de un ICP-OES, se observa la presencia de Cr, Cu, Mn, Ni, Zn y la ausencia de Pb, As y Cd en las muestras de la primera semana sol-digestión vía húmeda, notándose un incremento de resultados en las muestras compuestas de Plaza Colón y las muestras compuestas del Luis Vernaza y calle Loja en la ciudad de Guayaquil.

**Anexo 16: Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana sol-Digestión vía húmeda analizados mediante ICP-OES.**

<b>PRIMERA SEMANA SOL-DIGESTION HUMEDA</b>									
<b>Identificación</b>		<b>BLANCO</b>	<b>PC MP#1</b>	<b>PC MP#2</b>	<b>PC MP#3</b>	<b>PC MC # 1,2</b>	<b>PC MC # 3,4,5</b>	<b>LV MC # 1,2</b>	<b>LV MC # 3,4,5</b>
<b>Parámetro (Unidades)</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado</b>
<b>Arsenico mg/kg</b>	ICP-OES	<0,600*	<0,600*	<0,600*	<0,600*	0.063	0.098	<0,600*	<0,600*
<b>Cadmio mg/kg</b>	ICP-OES	0.02	0.045	0.023	0.015	0.073	0.049	0.027	0.062
<b>Cromo Total mg/Kg</b>	3120 B	0.037	0.18	0.239	0.467	0.573	0.627	0.693	0.669
<b>Cobre mg/Kg</b>	3120 B	5.89	7.936	7.993	10.948	9.492	11.964	13.952	12.772
<b>Manganeso mg/kg</b>	ICP-OES	3.919	6.833	8.758	8.923	8.959	4.974	10.46	11.104
<b>Niquel mg/Kg</b>	3120 B	0.382	0.746	0.789	0.829	0.926	0.418	0.979	1.738
<b>Plomo mg/kg</b>	ICP-OES	0.648	0.678	0.739	0.662	1.093	0.927	1.514	1.36
<b>Zinc mg/Kg</b>	3120 B	89.45	99.06	98.97	102.86	109.65	112.18	128.23	110.70

\*Valores reportados menores a su límite de cuantificación  
Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VIII, pag: 46

As (Min: < 0,600; Max: < 0.098) Mn (Min: 3.919; Max: 11.104)  
Cu (Min: 5.89; Max: 13,95) Zn (Min: 89.45; Max: 128,23)  
Cd (Min: 0.02; Max: 0.073) Ni (Min: 0.382; Max: 0,926)  
Cr (Min: 0,037; Max: 0,18) Pb (Min: 0.648; Max: 1.514)

El anexo 17 representa los resultados obtenidos de la concentración de metales pesados en hojas de Neem por medio de un ICP-OES, se observa la presencia de Cr, Cu, Mn, Ni, Zn y la ausencia de Pb, As y Cd en las muestras de la primera semana sol-calcinación, notándose un incremento de resultados en las muestras de Plaza Colón y las muestras compuestas del Luis Vernaza y calle Loja en la ciudad de Guayaquil.

**Anexo 17: Resultados de la concentración de metales pesados en muestras de la primera semana sol-calcinación analizados mediante ICP-OES.**

PRIMERA SEMANA SOL-CALCINACION									
Identificación		BLANCO	PC MP#1	PC MP#2	PC MP#3	PC MC # 1,2	PC MC # 3,4,5	LV MC # 1,2	LV MC # 3,4,5
Parámetro (Unidades)	Método	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultad o	Resultado	Resultad o	Resultad o
Arsenico mg/kg	ICP-OES	< 0,016*	0.026	0.0168	0.281	0.159	0.092	0.147	0.186
Cadmio mg/kg	ICP-OES	< 0,01*	0.013	0.025	0.018	0.017	0.034	0.073	0.099
Cromo Total mg/Kg	3120 B	0.134	0.365	0.75	0.482	0.61	0.921	0.873	0.771
Cobre mg/Kg	3120 B	3.895	12.834	11.975	19.815	16.739	13.862	14.83	18.649
Manganeso mg/kg	ICP-OES	6.978	9.902	8.104	10.096	15.891	16.945	18.714	16.803
Niquel mg/Kg	3120 B	0.206	0.639	1.749	2.845	1.893	2.504	2.991	2.627
Plomo mg/kg	ICP-OES	0.473	0.731	0.682	0.893	1.294	1.035	1.738	1.501
Zinc mg/Kg	3120 B	114.65	115.88	111.64	286.097	95.87	75.99	119.86	11.25

\*Valores reportados menores a su límite de cuantificación  
Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VIII, pag: 46

As (Min: <0,016; Max: 0,281) Mn (Min: 6.978; Max: 18,714)  
Cu (Min: 3.895; Max: 19.815) Zn (Min: 75.99; Max: 286,097)  
Cd (Min: < 0,01; Max: 0,099) Ni (Min: 0.206; Max: 2,991)  
Cr (Min: 0.134; Max: 0,921) Pb (Min: 0.473; Max: 1.738)

El anexo 18 representa las concentraciones de Cr en la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación mediante un ASS, notándose un incremento en de resultados en las muestras de compuestas de Plaza Colón y Luis Vernaza y calle Loja en la ciudad de Guayaquil.

**Anexo 18: Resultados de la concentración de cromo en muestras de la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación analizados mediante AAS**

<b>CROMO</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>CONCENTRACIÓN (mg/Kg)</b>
PC MP# 1	1.05
PC MP# 2	0.95
PC MP# 3	1.80
PC MC# 1,2	2.38
PC MP# 3,4,5	2.37
LV MC# 1,2	3.11
LV MC# 3,4,5	4.16
PC MP# 1	2.54
PC MP# 2	3.39
PC MP# 3	3.08
PC MC# 1,2	3.10
PC MP# 3,4,5	3.40
LV MC# 1,2	3.57
LV MC# 3,4,5	4.29
PC MP# 1	3.63
PC MP# 2	3.50
PC MP# 3	3.42
PC MC# 1,2	3.94
PC MP# 3,4,5	4.04
LV MC# 1,2	4.95
LV MC# 3,4,5	5.26

\*<LOQ: Límite máximo de Cuantificación Cr (Min: 0.95; Max: 5.26)  
Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VIII, pag: 46

El anexo: Representa las concentraciones de Zn en la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación mediante un ASS, notándose un incremento en de resultados en las muestras de compuestas de Plaza Colón y Luis Vernaza y calle Loja en la ciudad de Guayaquil.

**Anexo 19: Resultados de la concentración de Zinc en muestras de la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación analizados mediante AAS**

<b>ZINC</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>CONC. FINAL</b>
PC MP# 1	761,88
PC MP# 2	325,55
PC MP# 3	358,72
PC MC# 1,2	182,79
PC MP# 3,4,5	540,26
LV MC# 1,2	265,96
LV MC# 3,4,5	526,26
PC MP# 1	238,34
PC MP# 2	259,52
PC MP# 3	295,91
PC MC# 1,2	386,30
PC MP# 3,4,5	379,02
LV MC# 1,2	599,36
LV MC# 3,4,5	826,46
PC MP# 1	331,51
PC MP# 2	541,61
PC MP# 3	475,52
PC MC# 1,2	349,91
PC MP# 3,4,5	491,40
LV MC# 1,2	760,324
LV MC# 3,4,5	684,26

\*<LOQ: Límite máximo de Cuantificación Zn (Min: 182.79; Max: 826.46)  
 Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VIII, pag: 46

El anexo 20 representa las concentraciones de Cu en la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación mediante un ASS, notándose un incremento en de resultados en las muestras de compuestas de Plaza Colón y Luis Vernaza y calle Loja en la ciudad de Guayaquil.

**Anexo 20: Resultados de la concentración de cromo en muestras de la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación (ASS)**

<b>COBRE</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>CONC.</b>
PC MP# 1	59,87
PC MP# 2	72,02
PC MP# 3	75,46
PC MC# 1,2	69,31
PC MP# 3,4,5	49,30
LV MC# 1,2	61,19
LV MC# 3,4,5	85,97
PC MP# 1	50,54
PC MP# 2	93,97
PC MP# 3	68,81
PC MC# 1,2	60,02
PC MP# 3,4,5	52,17
LV MC# 1,2	116,19
LV MC# 3,4,5	107,03
PC MP# 1	56,46
PC MP# 2	58,52
PC MP# 3	168,77
PC MC# 1,2	64,58
PC MP# 3,4,5	154,53
LV MC# 1,2	122,06
LV MC# 3,4,5	100,22

\*<LOQ: Límite máximo de Cuantificación Cu (Min: 49.30; Max: 154.53)  
 Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VIII, pag: 46

El anexo 21 representa las concentraciones de Ni en la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación mediante un ASS, notándose un incremento en de resultados en las muestras de compuestas de Plaza Colón y Luis Vernaza y calle Loja en la ciudad de Guayaquil.

**Anexo 21: Resultados de la concentración de Níquel en muestras de la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación analizados mediante AAS**

<b>NIQUEL</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>CONCENTRACION FINAL</b>
PC MP# 1	1.32
PC MP# 2	3.88
PC MP# 3	7.56
PC MC# 1,2	5.88
PC MP# 3,4,5	6.84
LV MC# 1,2	3.96
LV MC# 3,4,5	7.96
PC MP# 1	9.56
PC MP# 2	4.08
PC MP# 3	8.56
PC MC# 1,2	7.00
PC MP# 3,4,5	7.00
LV MC# 1,2	6.04
LV MC# 3,4,5	7.44
PC MP# 1	7.64
PC MP# 2	6.68
PC MP# 3	4.08
PC MC# 1,2	7.36
PC MP# 3,4,5	9.12
LV MC# 1,2	8.64
LV MC# 3,4,5	9.40

\*<LOQ: Límite máximo de Cuantificación Ni (Min: 1.32; Max: 9.56)  
 Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VIII, pag: 46

Anexo 22 representa las concentraciones de Cu en la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación mediante un ASS, notándose un incremento en de resultados en las muestras de compuestas de Plaza Colón y Luis Vernaza y calle Loja en la ciudad de Guayaquil

**Anexo 22: Resultados de la concentración de Manganeso en muestras de la segunda, tercera y cuarta semana estufa-calcinación analizados mediante AAS**

<b>MANGANESO</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>CONCENTRACIÓN (mg/Kg)</b>
<b>PC MP# 1</b>	15,66
<b>PC MP# 2</b>	29,00
<b>PC MP# 3</b>	22,09
<b>PC MC# 1,2</b>	33,09
<b>PC MP# 3,4,5</b>	23,31
<b>LV MC# 1,2</b>	24,08
<b>LV MC# 3,4,5</b>	39,59
<b>PC MP# 1</b>	9,52
<b>PC MP# 2</b>	18,22
<b>PC MP# 3</b>	18,81
<b>PC MC# 1,2</b>	23,59
<b>PC MP# 3,4,5</b>	27,14
<b>LV MC# 1,2</b>	21,93
<b>LV MC# 3,4,5</b>	32,04
<b>PC MP# 1</b>	18,22
<b>PC MP# 2</b>	18,25
<b>PC MP# 3</b>	20,69
<b>PC MC# 1,2</b>	23,56
<b>PC MP# 3,4,5</b>	18,90
<b>LV MC# 1,2</b>	25,49
<b>LV MC# 3,4,5</b>	33,25

Identificación y Ubicación de las muestras asignadas, véase en la Tabla VIII, pag: 46  
(Min: 9.52; Max: 39.59)