



Universidad de Guayaquil

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AMBIENTAL

COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y PLOMO
EN LECHUGA DE CULTIVOS INDUSTRIALES, HIDROPÓNICOS Y
ORGÁNICOS RECOLECTADA EN SUPERMERCADOS,
GUAYAQUIL

Autora: Nicole Doménica Torres Vásquez

Tutor: Wilson Orlando Pozo Guerrero, Ph.D.

Guayaquil, Abril 2020



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



Guayaquil, 09 de marzo de 2020

ANEXO VI

Señor Ingeniero

Vinicio Macas Espinosa. MSc.

DIRECTOR (E) DE LA CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y PLOMO EN LECHUGA DE CULTIVOS INDUSTRIALES, HIDROPÓNICOS Y ORGÁNICOS RECOLECTADA EN SUPERMERCADOS, GUAYAQUIL** de la estudiante Nicole Doménica Torres Vásquez, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- 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 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 la estudiante está apta para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

Wilson Orlando Pozo Guerrero, PhD.

C.I. 0400440590

Fecha: 09 de marzo de 2020





UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO VII

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado POZO GUERRERO WILSON ORLANDO, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por TORRES VÁSQUEZ NICOLE DOMÉNICA, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniera Ambiental.

Se informa que el trabajo de titulación: *COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y PLOMO EN LECHUGA DE CULTIVOS INDUSTRIALES, HIDROPÓNICOS Y ORGÁNICOS RECOLECTADA EN SUPERMERCADOS, GUAYAQUIL*, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio Urkund, quedando el 2 % de coincidencia.

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS NICOLE URKUND.docx (D64987917)
Submitted: 3/6/2020 9:16:00 PM
Submitted By: wilsonpozo53@gmail.com
Significance: 2 %

Sources included in the report:

CONTAMINACIÓN POR ARSENICO Y CADMIO EN CERVEZAS DE MARCAS ARTESANALES QUE SE EXPENDEN EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, ECUADOR.docx (D64791665)
Tesis.docx (D48467322)
DETERMINACIÓN DE CADMIO EN CHOCOLATE EN POLVO COMERCIALIZADO EN EL CANTÓN GUAYAQUIL L. PROVINCIA DEL GUAYAS-ECUADOR.docx (D54748433)

Instances where selected sources appear:

<https://secure.arkund.com/view/63008196-864749-707418#details/findings/matches/9>

Pozo Guerrero Wilson Orlando
C.I. 0400440590
Fecha: 09 de marzo de 2020





UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO VIII

Guayaquil, 9 de abril de 2020

Señor Ingeniero

Vinicio Xavier Macas Espinosa, MSc.

DIRECTOR (E) DE LA CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación **COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y PLOMO EN LECHUGA DE CULTIVOS INDUSTRIALES, HIDROPÓNICOS Y ORGÁNICOS RECOLECTADA EN SUPERMERCADOS, GUAYAQUIL** de la estudiante **NICOLE DOMÉNICA TORRES VÁSQUEZ**. 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 19 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 43 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 la estudiante está apta para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,


Beatriz Fernia Santos, Ph.D.

Docente Revisor

C.I. 0960050102

Fecha: 9 de abril de 2020



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO XI



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA**

FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y PLOMO EN LECHUGA DE CULTIVOS INDUSTRIALES, HIDROPÓNICOS Y ORGÁNICOS RECOLECTADA EN SUPERMERCADOS, GUAYAQUIL		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	TORRES VÁSQUEZ NICOLE DOMÉNICA		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	BEATRIZ PERNIA SANTOS, PhD.		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES		
TERCER NIVEL:	INGENIERÍA AMBIENTAL		
GRADO OBTENIDO:	INGENIERA AMBIENTAL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	ABRIL 2020	No. DE PÁGINAS:	86
ÁREAS TEMÁTICAS:	CIENCIAS AMBIENTALES		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	HUERTO URBANO, BIOACUMULACIÓN, HORTALIZAS, PLOMO, CADMIO		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>El uso indiscriminado de agroquímicos ha provocado la bioacumulación de metales pesados en hortalizas, lo que da como resultado la contaminación a toda la cadena trófica. Este estudio comparó las concentraciones de cadmio y plomo presentes en lechugas adquiridas en supermercados de Guayaquil y de las lechugas cultivadas en un huerto urbano. La metodología utilizada fue la absorción atómica por horno de grafito, determinó que los cuatro tipos de cultivos de lechuga analizados presentaron concentraciones de metales pesados. Todos los tipos de cultivo de lechuga obtuvieron concentraciones de Cd: Industrial (0,04 mg/kg) >Orgánica (0,006mg/kg) >Huerto Urbano (0,0004 mg/kg)> Hidropónico (0,0001 mg/kg). Solo la lechuga de cultivo industrial presentó concentraciones de Pb: 0,14 mg/kg. Ninguna de las concentraciones obtenidas sobrepasó los límites máximos permisibles del reglamento de la Unión Europea y el Codex Alimentarius. A pesar de que las concentraciones se encuentran en pequeñas proporciones no deben ser subestimadas ya que aun así pueden ocasionar enfermedades a los seres vivos.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0998791332	E-mail: Nicoletorresv15@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Blga. Miriam Salvador Brito Teléfono: 593 4 3080777 E-mail: info@fccnugye.com miriam.salvadorb@ug.edu.ec		



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO XII

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA
OBRA CON FINES ACADÉMICOS**

Yo, **NICOLE DOMÉNICA TORRES VÁSQUEZ**, con C.I. No. 0930888706, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y PLOMO EN LECHUGA DE CULTIVOS INDUSTRIALES, HIDROPÓNICOS Y ORGÁNICOS RECOLECTADA EN SUPERMERCADOS, GUAYAQUIL**, son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del **CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN**, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

NICOLE DOMÉNICA TORRES VÁSQUEZ

C.I. 0930888706



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO XIII

**COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y PLOMO EN
LECHUGA DE CULTIVOS INDUSTRIALES, HIDROPÓNICOS Y
ORGÁNICOS RECOLECTADA EN SUPERMERCADOS, GUAYAQUIL**

Autor: Nicole Doménica Torres Vásquez

Tutor: Wilson Orlando Pozo Guerrero, Ph.D.

Resumen

El uso indiscriminado de agroquímicos ha provocado la bioacumulación de metales pesados en hortalizas, lo que da como resultado la contaminación a toda la cadena trófica. Este estudio comparó las concentraciones de cadmio y plomo presentes en lechugas adquiridas en supermercados de Guayaquil y de las lechugas cultivadas en un huerto urbano. La metodología utilizada fue la absorción atómica por horno de grafito, determinó que los cuatro tipos de cultivos de lechuga analizados presentaron concentraciones de metales pesados. Todos los tipos de cultivo de lechuga obtuvieron concentraciones de Cd: Industrial (0,04 mg/kg) > Orgánica (0,006mg/kg) > Huerto Urbano (0,0004 mg/kg) > Hidropónico (0,0001 mg/kg). Solo la lechuga de cultivo industrial presentó concentraciones de Pb: 0,14 mg/kg. Ninguna de las concentraciones obtenidas sobrepasó los límites máximos permisibles del reglamento de la Unión Europea y el Codex Alimentarius. A pesar de que las concentraciones se encuentran en pequeñas proporciones no deben ser subestimadas ya que aun así pueden ocasionar enfermedades a los seres vivos.

Palabras clave: Huerto urbano, Bioacumulación, Hortalizas, Plomo, Cadmio



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO XIV

**COMPARISON OF CADMIUM AND LEAD CONCENTRATIONS IN
LETTUCE OF INDUSTRIAL, HYDROPONIC AND ORGANIC CROPS
COLLECTED IN SUPERMARKETS, GUAYAQUIL**

Author: Nicole Doménica Torres Vásquez.

Advisor: Wilson Orlando Pozo Guerrero, Ph.D.

Abstract

The indiscriminate use of agrochemicals has led to the bioaccumulation of heavy metals in vegetables, which results in contamination of the entire food chain. This study compared the concentrations of cadmium and lead present in lettuces purchased in supermarkets of Guayaquil and lettuce cultivated in an urban garden. The methodology used was the atomic absorption by graphite furnace, determined that the four types of lettuce crops analyzed showed heavy metal concentrations. All types of lettuce crops obtained Cd concentrations: Industrial (0.04 mg / kg) > Organic (0.006mg / kg) > Urban Garden (0.0004 mg / kg) > Hydroponic (0.0001 mg / kg). Only industrial lettuce showed Pb concentrations: 0.14 mg / kg. None of the concentrations obtained exceeded the maximum permissible limits of the regulations of the European Union and the Codex Alimentarius. Although the concentrations are in small proportions they should not be underestimated since they can still cause diseases to living beings.

Key words: Urban Garden, Bioaccumulation, Vegetables, Lead, Cadmium

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo investigativo a esas personas especiales de mi vida, quienes creyeron en mí y me ofrecieron su apoyo desde el momento que decidí la carrera que hoy culmino con gran entusiasmo.

Esto es por y para Uds. Queridos padres Tania y Luis.

AGRADECIMIENTO

A lo largo de este arduo caminar de superación, disciplina, valor y dedicación a esta bella carrera de Ingeniería Ambiental, surgieron muchos altos y bajos, obstáculos que se convierten en una verdadera motivación para avanzar y lograr nuestras metas y propósitos. Estos sin duda alguna sería muy difíciles de lograr sin la mano condicional de ciertas personas que siempre están dispuestas para ti.

En primer lugar quiero agradecer a mi abuela Esthela Guerrero Loaiza, ella es un pilar fundamental en mi formación y un constante apoyo en mi vida.

A mi querida Tía Rina Vásquez Guerrero, por ser mi guía y soporte en esta investigación.

Gracias amigos queridos de la vida universitaria, nobles y buenas personas que jamás olvidaré. Gracias por su compañía y enseñanzas.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Justificación e importancia.....	5
1.3 Hipótesis	8
1.4 Objetivos.....	9
1.4.1 Objetivo general	9
1.4.2 Objetivos Específicos	9
CAPÍTULO II	10
2.1 Antecedentes.....	10
2.2 Marco teórico	14
2.2.1 Metales pesados	14
2.2.2 Plomo	15
2.2.3 Cadmio.....	18
2.2.4 Hortaliza	21
2.2.5 Lechuga	23
2.2.6 Horticultura	26
2.2.7 Contaminación de hortalizas por metales pesados	29
2.2.8 Agricultura urbana.....	31
2.3 Marco legal	33
2.3.1 Normativa nacional.....	33
2.3.2 Normativa internacional.....	34
CAPÍTULO III	35
3.1 Materiales y métodos.....	35

3.1.1 Área de estudio	35
3.1.2 Huerto urbano	35
3.2 Metodología	40
3.2.1 Recolección de muestras	42
3.2.2 Procesamiento de las muestras	42
3.2.3 Análisis de laboratorio	44
3.2.4 Proceso del laboratorio	45
3.2.5 Condiciones ambientales del laboratorio.....	46
3.3 Expresión de resultados	46
3.4 Análisis Estadístico	46
CAPÍTULO IV	47
4.1 Resultados.....	47
4.1.1 Análisis comparativo de cadmio en diferentes tipos de cultivos.....	47
4.1.2 Análisis comparativo de plomo en diferentes tipos de cultivos.....	48
4.1.3 Comparación de las concentraciones de obtenidas en los diferentes tipos de cultivos de lechugas con la normativa internacional en relación a los límites máximos permisibles.	49
4.1.4 Propuesta de implementación de Huerto Urbano.....	50
CAPITULO V	53
5.1 Discusión	53
CAPÍTULO VI.....	57
Conclusiones	57
Recomendaciones	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fuentes de contaminación de metales pesados en los alimentos	15
Tabla 2: Principales fuentes de exposición al plomo	16
Tabla 3: Fuentes de Cadmio	18
Tabla 4: Fuentes de cadmio y sus efectos adversos.....	20
Tabla 5: Clasificación Taxonómica de la lechuga.....	24
Tabla 6: Composición nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia	26
Tabla 7: Normativa Nacional	33
Tabla 8: Normativa Internacional.....	34
Tabla 9: Características del cultivo de la lechuga	36
Tabla 10: Coordenadas de los puntos de muestreo	40
Tabla 11: Codificación de muestras de lechuga	42
Tabla 12: Comparación de las concentraciones de Cd y Pb con la normativa de la Unión Europea y el Codex Alimentarius.....	50
Tabla 13. Actividades para la propuesta del huerto urbano	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas de acumulación de distintos metales en la planta	5
Figura 2. Vías de contaminación de Pb en las plantas.....	17
Figura 3. Capacidad de acumulación de cadmio en diferentes tipos de hortaliza	19
Figura 4. Hortalizas según el medio de conservación	21
Figura 5. Clasificación de las hortalizas según la parte comestible de la planta ..	22
Figura 6. Hortalizas según su color	23
Figura 7. Variedades de Lechuga	24
Figura 8. Tipos de Horticultura	27
Figura 9. Fuentes de contaminación en el sistema suelo-planta.....	30
Figura 10. Huerto Urbano.....	32
Figura 11. Preparación del sustrato	37
Figura 12. Preparación de los contenedores.....	38
Figura 13. Adaptación de maceteros.....	38
Figura 14. Plantación de semillas.....	39

Figura 15. Tipo de siembra indirecta	39
Figura 16. Mapa de sitios de muestreo	41
Figura 17. Trituración de lechuga.....	43
Figura 18. Pesado de la muestra	43
Figura 19. Rotulado de las muestras.....	44
Figura 20. Esquema de los constituyentes de un equipo de espectrofotometría de absorción atómica	44
Figura 21. Proceso de laboratorio	45
Figura 22. Concentraciones de cadmio de los diferentes cultivos de lechuga	48
Figura 23. Concentraciones de plomo en diferentes cultivos de lechuga.....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Cascarilla de arroz	69
Anexo 2 Humus orgánico	69
Anexo 3 Lechuga a los 20 días de plantada.....	69
Anexo 4 Lactuca sativa	69
Anexo 5 Gráfica de probabilidad de cadmio.....	69
Anexo 6 Transformación de Johnson.....	69
Anexo 7 Análisis de Varianza.....	70
Anexo 8 Comparación en pareja de Turkey	70
Anexo 9 Compra de lechugas industriales, orgánicas e hidropónicas	70
Anexo 10 Entrega de muestras al laboratorio	70

INTRODUCCIÓN

A partir de la primera mitad del siglo XX el crecimiento poblacional se ha dado de una forma exponencial, esto surge por diversos factores entre los que se pueden mencionar: el mejoramiento de las condiciones de salubridad, el desarrollo de la ciencia que trae como resultado la utilización de nuevos productos químicos y farmacéuticos y además los nuevos descubrimientos médicos que han generado el aumento de la tasa de natalidad y la reducción de la tasa de mortalidad.

Ante estas circunstancias los estados han optado por impulsar el desarrollo de la industria agrícola/alimenticia para potenciar la fertilidad de suelos, y poder satisfacer las necesidades alimentarias de la población, es así, que se han utilizado plaguicidas y fungicidas para evitar el riesgo de plagas y, transgénicos que mejoren las propiedades de las plantas a cultivar. Si bien es cierto, los agroquímicos han ayudado a generar mayor productividad de los suelos agrícolas, sin embargo, su uso desmedido y poco regulado ha provocado la absorción de metales pesados en los cultivos, lo que ha conllevado a la bioacumulación de dichos metales en toda la cadena trófica, provocando enfermedades como: cáncer, infertilidad, autismo, daños hepáticos, anemia, etc (Eman & Gordon, 2011, p.4).

En esta última década y debido al acceso a la información que tiene la mayor parte de población, se ha maximizado el cuidado del cuerpo mediante una buena alimentación y de la importancia de la práctica de actividades físicas, lo que ha ocasionado un aumento en el consumo de hortalizas, por los beneficios nutricionales que aportan. Una de las hortalizas más consumidas en el Ecuador es la lechuga, debido a su alta disponibilidad, sus bajos precios y su escasez calorífica. Diversos estudios de la Universidad Central del Ecuador indican que, la lechuga es capaz de bioacumular metales pesados, tales como: plomo (Pb) y cadmio (Cd), los cuales pueden provocar desequilibrios en los procesos químicos de las plantas y también, repercutir en la salud de los seres vivos.

La presencia de los metales pesados en cultivos agrícolas ecuatorianos, puede deberse a la falta de normativas claras y la falta de control de parte de los organismos públicos, que eviten la utilización de productos químicos que contribuyen a la concentración de Pb y Cd en las hortalizas, en los límites máximos permisibles.

La presente investigación tiene el objetivo de comparar a diferentes concentraciones de metales pesados en diferentes tipos de cultivo de lechuga comercializados en un supermercado del norte de la Ciudad de Guayaquil, para dar a conocer cuál de estos cultivos es óptimo para el consumo humano y cuales no deberían ser comercializados por contener altos niveles de contaminación.

La implementación de un huerto urbano es una media alterna para obtener productos libres de contaminantes, que además promueve: la reutilización y reciclaje, la integración familiar, mejoras en la alimentación, educación ambiental, ahorro de ingresos, aumento de áreas verdes en un entorno urbanizado, y además, es capaz de liberar el estrés en las personas.

CAPÍTULO I

1.1 Planteamiento del problema

Los metales pesados como el plomo y cadmio constituyen en la actualidad uno de los factores contaminantes de más preocupación en la sociedad, sobre todo, cuando afectan considerablemente a los cultivos de hortalizas que son de alto consumo humano y forman parte de la cadena alimenticia por los nutrientes que aporta al cuerpo humano.

Los metales pesados pueden incorporarse al ambiente de forma natural y antropogénica (Singh, Kumar, Tiwari & Pathak, 2018). Dichas fuentes incluyen: la meteorización de la corteza terrestre, erosión, minería, descargas industriales, escorrentía urbana, aguas residuales, plaguicidas y contaminación atmosférica (Morais, Costa & Pereira, 2012, p. 227). Ahora bien es necesario tomar en cuenta que estos metales no son biodegradables, por lo tanto, podrían acumularse en el suelo y por ende alterar la calidad de los cultivos que se generan en él, produciendo efectos tóxicos progresivos (Queirolo, 2000 citado por Miranda, Carranza, Rojas, Jerez, Fischer y Zurita, 2008, p. 183).

El Cd es conocido como uno de los metales pesados con mayor tendencia a bioacumularse en plantas, por lo que puede causar graves desequilibrios en los procesos de nutrición y transporte de agua en ellas (Singh & Tewari, 2003 citados por Reyes, Vergara, Torres, Díaz y González, 2016, p.68). Por otro lado, las actividades antropogénicas como la industria, la minería y la fundición, liberan contaminantes al ambiente lo que produce efectos contaminantes para el suelo agrícola por la presencia indiscriminada de plomo, cadmio y zinc (Hettiarachchi & Pierzynski, 2002, citados por Prieto, González, Román y Prieto García, 2009, p. 31). Como lo afirma Poma (2008) El plomo también es capaz contaminar bienes que regularmente no contienen este metal, como las comidas, agua o licor. Esta contaminación puede ocurrir durante la producción, embalaje o almacenamiento de los productos (p.121).

Las hortalizas son de gran importancia para la buena nutrición de las personas, sus hojas, frutos, raíces, tallos y flores pueden ser consumidos, su alto contenido de minerales, vitaminas y proteínas ayudan a mejorar y mantener la buena salud (FAO, 2011 a, p.3).

Sin embargo, al ser alimentos frescos sin procesar, están potencialmente expuestos a estar contaminados por metales pesados esparcidos a través del riego con aguas contaminadas (Prieto, 2011, p.103). Ante esta problemática se realizará una comparación de las concentraciones de cadmio y plomo en lechugas de diferentes tipos de cultivo versus lechugas sembradas en un huerto urbano que estén libres de contaminación o que posean una menor concentración, para establecer los beneficios del consumo de hortalizas cultivadas de manera sostenible en el cuidado y salud del cuerpo.

1.2 Justificación e importancia

La lechuga es una de las hortalizas más consumidas en el Ecuador, debido a su bajo contenido calórico, y porque además posee calcio y vitamina A. Se la encuentra en abundancia y variedad en todos los mercados, tiene económicos precios que hacen que sea de fácil acceso para todos los sectores de la población. De esta manera se puede considerar que existe un alto consumo de la lechuga no solamente por los nutrientes que aporta al cuerpo sino que además, es muy fácil de preparar y es la base de casi todas las ensaladas.

Sin embargo, En la actualidad, investigaciones reportan la presencia de metales pesados y metaloides tales como: mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en hortalizas tales como la lechuga, repollo, calabaza, brócoli, tomate y papa (Singh et al., 2010; Chen et al., 2003, citados por Reyes, Vergara, Torres, Díaz y González, 2016, p.67). Las zonas en las que se depositan los metales pesados en las diversas partes de la planta son preferentemente la raíz y hojas, véase en la figura 1.

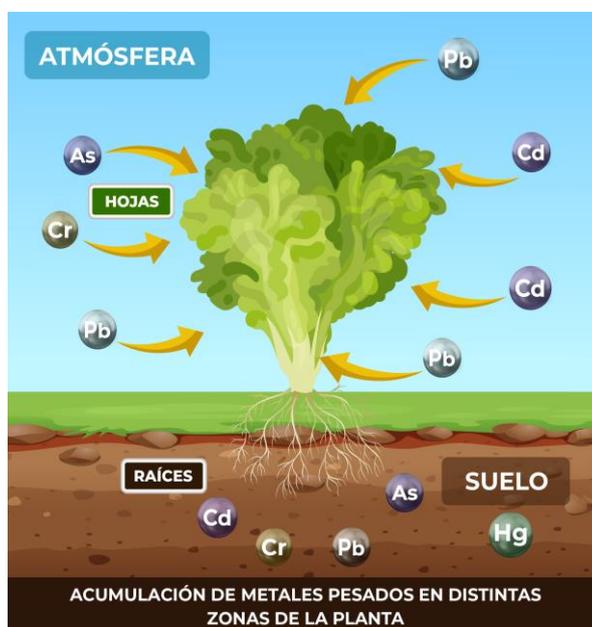


Figura 1. Zonas de acumulación de distintos metales en la planta

Elaborado: Torres, (2020)

Las plantas absorben, a través de sus raíces, las mayores concentraciones de metales pesados que se encuentran biodisponibles en el entorno (Comité Nacional para la minimización de cadmio, 2003, p.4). Las vías de acceso de los metales pesados hacia las plantas son principalmente: el aire, agua y suelo; considerando a las plantas como un vínculo entre la parte biótica y abiótica del ambiente en la propagación de metales (Hamilton, 1995, p.14).

Algunos autores han reportado la presencia de concentraciones considerables de metales pesados no esenciales en los suelos agrícolas ecuatorianos, como lo son: Hg, Pb, As, Cd, Zn, Mg y Cu (Pozo, Sanfeliu & Carrera, 2011; Oviedo, Moina, Naranjo & Barcos, 2017; Muñoz, 2017). La biodisponibilidad de los metales en el suelo puede conducir a la acumulación de estos en los cultivos agrícolas, los cuales son consumidos por las familias ecuatorianas. En el caso de la lechuga, esta es capaz de absorber grandes cantidades de Pb de suelos contaminados, así como traslocar la mayor cantidad de Cd absorbido a los brotes de lechuga, comparado con otras especies (Madueño, 2017, p.2).

Ante esta situación es necesario informar y concientizar a la comunidad en general sobre los peligros para la seguridad alimentaria que conlleva la ingesta de alimentos que están potencialmente contaminados por Cd, Pb y los mecanismos que prevención. El sector urbano, es aquel en donde existe la mayor parte de concentración de población y es el mayor consumidor de hortalizas compradas tanto en los mercados más populares como los supermercados más exclusivos. Debido a la falta de tiempo y de espacio la agricultura urbana ha sido descartada del imaginario social, sin tomar en cuenta que la misma, según la FAO, suministra alimentos frescos, genera empleo, fomenta el reciclaje, crea cinturones verdes, y fortalece la resiliencia de las ciudades frente los cambios climáticos (2019, p.1).

Ahora bien, en esta primera década del siglo XXI, las instituciones educativas tanto en el nivel de educación básica como en el nivel superior han promovido campañas de concienciación ambiental, buena nutrición y vida sana en general, por esta razón, cada vez son más las personas que demandan, la reforestación de las ciudades, el cuidado y creación de espacios verdes y el control del estado sobre la producción de alimentos libres de contaminación. La agricultura urbana se puede

concretar a través de la creación de un huerto en casa, y además se puede convertir en una actividad muy satisfactoria, y rica en experiencias que además, disminuye el estrés y relaja la mente (Diputación de Alicante, 2016, p. 6-7).

La importancia del presente proyecto radica en el estudio comparativo de los diferentes tipos de cultivos de lechugas tanto industrial, hidropónico y orgánico con el objetivo de conocer los niveles de concentración de contaminantes que poseen y su impacto en la salud de la sociedad ecuatoriana específicamente en la ciudad de Guayaquil. De esta manera se informaría a la población los daños en la salud que conlleva la ingesta de alimentos contaminados por metales pesados. Además se revisará la importancia de implementar un huerto urbano con tecnologías más limpias que disminuyan el problema de la polución.

1.3 Hipótesis

- Las lechugas (*Lactuca sativa*) obtenidas en supermercados de Guayaquil presentan concentraciones de plomo y cadmio que exceden los Límites Máximos Permisibles para el consumo humano.
- Las lechugas industriales presentan concentraciones de Cd y Pb mayores a las concentraciones de aquellos cultivos hidropónicos, orgánicos y de huerto urbano.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar la concentración de cadmio y plomo en lechugas de cultivos industriales, hidropónicos y orgánicos recolectadas en supermercados de Guayaquil.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de Cd y Pb en lechugas de cultivos industriales, hidropónicos, orgánicos y de un huerto urbano en terrazas.
- Comparar los niveles encontrados de lechuga de cultivos industriales, hidropónicos, orgánicos y del huerto urbano versus las normativas nacionales e internacionales.
- Elaborar una propuesta de implementación de un huerto urbano en terrazas con el fin de obtener productos más limpios y sus aplicaciones.

CAPÍTULO II

2.1 Antecedentes

La primera década del siglo XXI como resultado del avance de la ciencia y de la tecnología que permite una mayor acceso a la información y el conocimiento se ha generado, en gran parte de la población, una mayor concienciación sobre la importancia de tener una alimentación basada en el consumo de productos ricos en vitaminas, fibras y nutrientes, como la mejor manera de prevenir enfermedades cardiovasculares, obesidad o diabetes (Socarrás & Bolet, 2010, p.360). Es así que ha aumentado considerablemente la ingesta de hortalizas, especialmente las de hojas verdes como la lechuga, pues la misma, se utiliza como base de la mayor parte de las ensaladas frescas que son muy fáciles de preparar y cuyo costo no tiene un impacto alto en la economía de los hogares.

Sin embargo, es pertinente considerar que este desarrollo tecnológico e industrial puede tener incidencias negativas sobre todo en la contaminación del medio ambiente, especialmente en los suelos de cultivo, donde para aumentar la productividad de las tierras se utilizan abonos sintéticos, pesticidas, fertilizantes y además que el agua para el riego en algunas ocasiones puede estar contaminada con productos residuales que vienen de las fábricas. Ante estas circunstancias se han hecho algunos estudios e investigaciones que permiten determinar el grado de contaminación por metales pesados como el cadmio y plomo de las hortalizas de mayor consumo, especialmente la lechuga.

Según Kabata-Pendias & Pendias (2001) las concentraciones de cadmio presentes en *Lactuca sativa* usualmente varían entre 0.66 y 3.0 mg/kg (p.170). Las concentraciones de Cd que estén en un rango de entre 10 y 95 mg/kg son consideradas tóxicas en las lechugas (Malavolta, 2006 citado por Pereira et al., 2011). Por otro lado las concentraciones de Pb en las lechugas varían de 0.7 a 5.13 mg/kg (Kabata-Pendias & Pendias, 2001, p. 232).

Diversos estudios han confirmado la presencia de metales pesados en hortalizas, siendo las más vulnerables a la contaminación las hortalizas de hoja verde. La Agencia Británica de Seguridad Alimentaria (FSA) en el 2012 investigó

las concentraciones de Cd, Pb, As, Cu y Zn en 1266 muestras de frutas y verduras tanto en cultivos de campo, como en supermercados del Reino Unido, llegando a las siguientes conclusiones: Las verduras de hoja verde como lo son: lechuga, acelga, col y espinaca presentaron las concentraciones más altas de As y Cd, probablemente por la migración de los metales del suelo contaminado a las hojas. Los niveles de As, Pb, Zn y Cd resultaron menores en hortalizas peladas (papa, zanahoria y nabo) lo que demostró que hay mayor concentración de metales pesados en la cáscara de dichas hortalizas.

Prieto Martínez (2011) dio a conocer la presencia de metales pesados en hortalizas distribuidas en mercados e hipermercados de la ciudad de Bogotá. La investigación determinó que el metal con mayor presencia en distintas clases de hortalizas fue el cromo, encontrado principalmente en la acelga, cilantro y brócoli. Seguido por el plomo el cual tuvo mayor presencia en el brócoli. El mercurio fue hallado especialmente en la lechuga romana, lechuga crespa y lechuga lisa.

Tóth, Kopernická & Stanovič (2014) analizaron las concentraciones de Hg y Pb en 7 muestras de espinaca congelada obtenida de distintos supermercados de Eslovaquia. El contenido de Pb en todas las muestras fue de 0.000 mg/kg, mientras que el contenido de mercurio presentó un rango de 0.0019 – 0.0054 mg/kg.

Otra hortaliza de hoja que posee la capacidad de acumular metales pesados es el cilantro, Cahuasqui (2011) determinó la presencia de Pb, Cd y Ni en *Coriandrum sativum L.*, utilizando el método de espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados señalaron que el Cd tiene una mayor concentración en las hojas de cilantro con 1.06 mg/Kg, seguido por el Ni 0.86 mg/Kg y el Pb se encontró en una menor concentración 0.18 mg/kg.

Un estudio de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, realizado por Hilda Jano (2017) halló concentraciones de metales pesados en hortalizas de hoja tales como el cilantro y perejil en la localidad de Atlixco. El perejil mostró concentraciones de Pb 11.67 mg/Kg, de Cu 13.33 mg/kg y de Cr 8.33 mg/Kg. El cilantro obtuvo las concentraciones más altas de metales pesados, Pb 51.67 mg/Kg, Cu 16.67 mg/Kg y para Cr 10.00 mg/Kg. Ambas hortalizas poseen

concentraciones de metales pesados que sobrepasan los límites máximos permisibles que establece la Unión Europea.

Weiping, Lianqing, Chang, Bottoms, Soon-ik & Laosheng (2009) realizaron una investigación para detectar la acumulación de Cd en cultivos de lechuga tratados con fertilizantes fosfatados, los análisis indicaron que la lechuga es capaz de bioacumular hasta concentraciones de 20 mg/Kg de Cd sin presentar efectos adversos en su crecimiento y desarrollo.

En un estudio realizado por Frescia Madueño, en lechugas recolectadas de 4 mercados de la ciudad de Lima, se determinaron las concentraciones de Cd y Pb y se llegó a la conclusión: Los niveles de Pb hallados en hojas de lechuga el 40% de las lechugas superan el Límite Máximo establecido por la OMS (0,3 ppm). Los niveles de Cd presentes en hojas de lechuga el 12,5% de las Lechugas del estudio superan el Nivel Máximo establecido por la OMS (0,2 ppm) (Madueño, 2017, p.63).

En otro estudio elaborado en el 2016 por la Universidad Central del Ecuador a través de la ingeniera Cinthya Pila se comparó las concentraciones de plomo y cadmio encontrados en los dos sistemas de producción de hortalizas en el Quinche, llegando a las siguientes conclusiones: La lechuga de tipo de cultivo convencional obtuvo concentraciones de plomo de 0.21 mg/kg y para el cultivo orgánico 0,28 mg/kg orgánico, el cadmio registrado fue de 0.05 mg/kg en el sistema convencional y 0.03 mg/kg para el orgánico (Pila, 2016, p. 36).

Vásquez, Sangurima & Álvarez (2019), con la finalidad de hallar la concentración de Pb en el follaje de lechugas cultivadas a cielo abierto y bajo condiciones de invernadero en la provincia del Azuay, emplearon el método de absorción atómica, concluyendo que el contenido de Pb en el follaje de la lechuga provino en su mayoría de la atmósfera. El cultivo de invernadero presentó concentraciones de Pb de 0.066 mg/kg mientras que el cultivo bajo condiciones de cielo abierto obtuvo concentraciones de Pb de 0.087 mg/kg. Determinaron que no existe diferencia estadística significativa y los valores se encuentran debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la OMS.

En el 2018, Evelin Coronel, realizó investigaciones en las concentraciones de metales pesados de lechugas cultivadas en dos ferias orgánicas del Distrito Metropolitano de Quito. Las muestras analizadas en lechuga, presentaron concentraciones bajas de plomo las cuales no superan los niveles establecidos por el CODEX, mientras que las concentraciones de cadmio fueron 18.77 y 0.016 mg/Kg para cada feria orgánica respectivamente y la concentración establecida por el CODEX es de 0.20 mg/kg (p.40).

Se puede concluir que a pesar de que en el mercado ecuatoriano se ofertan productos alimenticios de origen convencional y los orgánicos que son libres de agentes químicos sintéticos, sin embargo, en los estudios realizados se puede observar que las concentraciones de metales pesados como el Cd y Pb, según el CODEX, tienen niveles que si bien es cierto por ahora no son alarmantes, si son significativos y deben tomarse en cuenta para evitar que tengan un impacto futuro en la salud alimentaria de la población.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Metales pesados

“El término metal pesado suele referirse a metales cuyo peso específico es superior a 5 g.cm^{-3} y que tiene un número atómico por encima de 20” (Núñez et al., 2008, p.3). La definición de metal pesado se refiere a cualquier elemento químico metálico que posea una alta densidad y sea tóxico o venenoso inclusive en bajas concentraciones (Prieto Méndez et al., 2009, p.29).

El nivel de toxicidad depende de la dosis que se consuma, así como la cantidad que es excretada (Núñez et al., 2008, p.3). Los metales pesados son contaminantes ambientales significativos y su toxicidad es un problema de creciente importancia por razones tanto ecológicas, evolucionarias, nutricionales y medio ambientales (Jaishankar et al., 2013; Nagajyoti et al., 2010, citado por Jaishankar, Tseten, Anbalagan, Mathew & Beeregowda, 2014, p. 67).

Con el inicio de industrias y estaciones de energía de rápido desarrollo, los desechos metálicos se descargan al medio ambiente de diversas maneras. Por ejemplo, como producto de las actividades agrícolas se utilizan plaguicidas y fertilizantes que tienden a acumularse en la pared celular, aunque en otras ocasiones llegan al interior de las plantas pero en concentraciones muy pequeñas (Núñez et al., 2008, p.2). A pesar de que las concentraciones de metales en los cultivos, son pequeñas pueden causar un impacto como la reducción de los nutrientes que poseen y la inhibición del crecimiento de la planta. Kabata-Pendías (2004) afirma que, los principales peligros ambientales de la transferencia de metales pesados desde el suelo hacia las plantas son: la entrada de los metales a la cadena alimenticia y la reducción de cobertura vegetal (p.146).

Los metales pesados no pueden ser destruidos, más bien son lixiviados por agentes físicos o químicos, de esta manera se distribuyen por los ecosistemas hasta incorporarse a la cadena alimenticia (García, Méndez, Pásaro & Laffon, 2012 citados por Londoño Franco, Londoño Muñoz & Muñoz García, 2016, p.147). En la

tabla 1 se especifican las fuentes de contaminación de los metales pesados en los alimentos.

Tabla 1: Fuentes de contaminación de metales pesados en los alimentos

Origen contaminación	Metal pesado involucrado
Natural, proveniente del suelo	Cadmio, bromo, flúor, cobre
Uso de insecticidas, desinfectantes y medicamentos	Arsénico, cobre, plomo, mercurio
Del suelo arenoso y envase de vidrio	Silicio
Por el equipo de procesamiento	Cobre, hierro, níquel, estaño, plomo, zinc
Debido al almacenamiento	Hierro, níquel, estaño, plomo, cadmio, estroncio
Por oxidación en el envase	Hierro y cobre
Debido al procesamiento	Cobre, cadmio, arsénico
Suplementos alimenticios en dietas de animales	Cobre, cadmio, hierro, zinc, arsénico

Recuperado de Arnold, 1980, adaptado por Londoño Franco, Londoño Muñoz, y Muñoz García 2016, p.147.

2.2.2 Plomo

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) el plomo es un metal tóxico que se encuentra en la corteza terrestre de forma natural. Su uso indiscriminado ha provocado graves repercusiones tanto en el medio ambiente como en la salud de las personas. “El Plomo es un metal pesado, maleable y blando, flexible y nada elástico. Ocupa el puesto 82 en la tabla periódica. Punto de ebullición: 1740°C. Punto de fusión: 327.5°C. Densidad: 11.34 g/cm³” (Burriel, Lucena, Arribas & Hernández, 2006, p.14).

El plomo es un metal muy estable en el suelo y es altamente tóxico para los seres vivos. La contaminación de los vegetales por plomo no puede ser subestimada debido a que son elementos componentes importantes de la dieta humana (Goswami, Gachhui, Goswami & Pal, 2012 citados por Basu, Mazumdar, y Goswami, 2013. p.33). También es importante considerar que existe presencia del plomo en pinturas de casa, insecticidas, gasolinaz, baterías, cañerías, inclusive

algunos juguetes y envases (Thürmer et al., 2002, citados por Jaishankar, Tseten, Anbalagan, Mathew y Beeregowda, 2014, p.61).

Tabla 2: Principales fuentes de exposición al plomo

Fuentes exógenas	Agua	Accesorios o agua que ha estado en contacto con el Pb.
		Tuberías y soldaduras contaminadas por Pb.
		Agua del océano.
	Suelo	Agua del grifo.
		Campos de cultivo.
	Aire	Campos cerca de fábricas contaminadas.
		Emisiones atmosféricas (gasolina).
	Procesos industriales	Baterías de plomo y ácido.
		Plomo de pesca.
		Municiones de armas.
Fuentes domésticas	Cables de revestimiento, pinturas y esmaltes.	
	Exposición ocupacional.	
Alimentación	Producción de cerámica vidriada.	
	Tabaquismo, juguetes, medicinas tradicionales y cosméticos.	
	Alimentos de origen animal: Vísceras de animales, pescados, mariscos y derivados de lácteos.	
		Alimentos de origen vegetal: Hortalizas, legumbres y tubérculos, cereales y frutas.

Recuperado de: Azcona et al., 2015 citados por Salas et al., 2019.

El plomo encontrado en plantas resulta de la contaminación atmosférica o de la presencia de este metal en el suelo. Como lo muestra la Figura 2. Cuando la vía de contaminación es a través de la absorción del plomo presente en los suelos, la mayor acumulación ocurre en las raíces, mientras que, la contaminación de las hojas y frutos proviene de la deposición del metal procedente del polvo atmosférico (Olivares, García, Lima, Saborit, LLizo y Pérez, 2013, p.4).

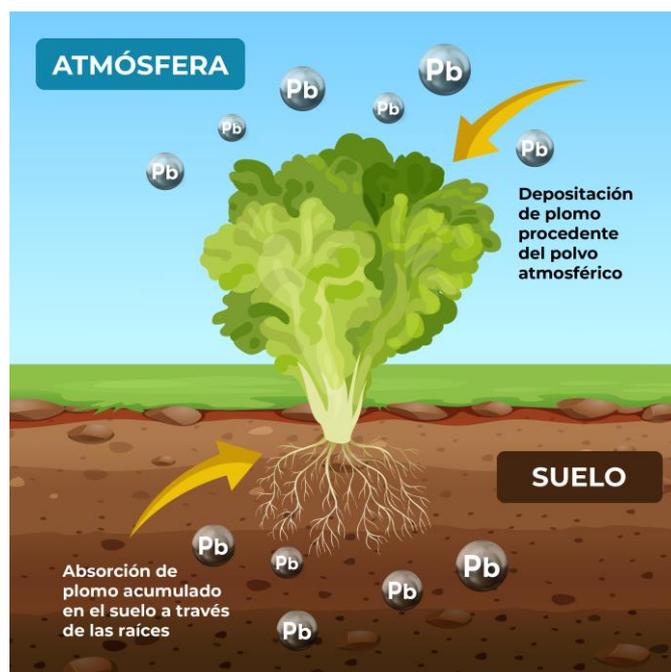


Figura 2. Vías de contaminación de Pb en las plantas

Elaborado: Torres (2020)

2.2.2.1 Efectos del plomo en la salud

“Este metal afecta sistemas, órganos y tejidos y su efecto puede ser proporcional a la cantidad presente en el organismo (...). Los niños generalmente absorben una mayor proporción del plomo y con un efecto más severo que los adultos (...)” (Poma, 2008, p.120). Los efectos inmediatos del plomo en los infantes son neurológicos y pueden generar con el tiempo problemas renales, hipertensión arterial y dificultades en la reproducción (Agency for Toxic Substances and Disease Registry Case Studies in Environmental Medicine, 2010). Inclusive en niños de 3 a 5 años de edad se ha determinado que se producen problemas emocionales, de comportamiento y aprendizaje, además se pueden dar otras afectaciones como depresión, falta de libido, disminución del desempeño cognitivo e irritabilidad (Azcona-Cruz, Ramírez, Ayala y Flores, 2015, p.74).

Chumbipuma, (2016) afirma que los efectos del plomo incluyen adinamia, trastornos del sueño, cefalea, dolores óseos y musculares, síntomas digestivos, dolores abdominales, náuseas, vómitos y pérdida del apetito (Castebianco, 2018, p. 25).

Así también la toxicidad aguda se manifiesta con insuficiencia renal, encefalopatía y síntomas gastrointestinales; en la toxicidad crónica, que es más frecuente, se comprometen los sistemas hematopoyético, nervioso, gastrointestinal y reproductor. Diversos pacientes refieren dolor abdominal (cólico saturnínico), astenia, irritabilidad y estreñimiento (Azcona-Cruz et al., 2015, p.74).

2.2.3 Cadmio

“El Cadmio es relativamente raro en la naturaleza. Es de color blanco ligeramente azulado. Peso atómico 112 y densidad relativa 8” (Londoño Franco, Londoño Muñoz, y Muñoz García, 2016, p.148). La mayor parte es obtenido como subproducto del procesamiento de los metales como el cobre y el zinc, sobre todo en la fabricación de baterías níquel-cadmio, la fabricación de cemento y fertilizantes (Farkas et al., 2007; Pan et al., 2009 citados por Martínez, Souza, Bucio, Gómez y Gutiérrez, 2013, p.32). El cadmio es utilizado en pinturas, plásticos, pilas, baterías, abonos, soldaduras, asbestos, pigmentos, reactores nucleares, industria farmacéutica, fotografía, vidrio y porcelana (Wasson et al., 2005 citados por Londoño et al., 2016, p.148). La tabla 3, refleja algunas fuentes de contaminación de Cd.

Tabla 3: Fuentes de Cadmio

Antropogénicas	Naturales
Lodos residuales y estiércol	Actividad volcánica, rocas
Fertilizantes fosfatados y nitrogenados	
Industria de plateado y galvanizado del zinc, cobre, plomo y otros metales	Minería
Industria de fundición de metales	Incineración
Industria de alimentos fosfatados para animales	

Recuperado de Toxicología del cadmio, 2002 citado por Pérez & Azcona, 2012.

La aplicación de ciertos fertilizantes o de excremento de animales puede aumentar los niveles de Cd en el suelo, lo que produce un incremento de este metal en los productos cosechados y consumidos por los seres humanos (Prieto Martínez, 2011, p.30). Es importante recalcar que no todas las hortalizas acumulan Cd en la misma proporción, la acumulación depende del tipo de cultivo que se trate (Prince et al., 2002 citado por Rodríguez, Martínez, Romero, del Río y Sandalio, 2008, p.140).

La Figura 3. Representa la susceptibilidad a la captación de Cd que existe en los diversos tipos de cultivo de hortalizas.

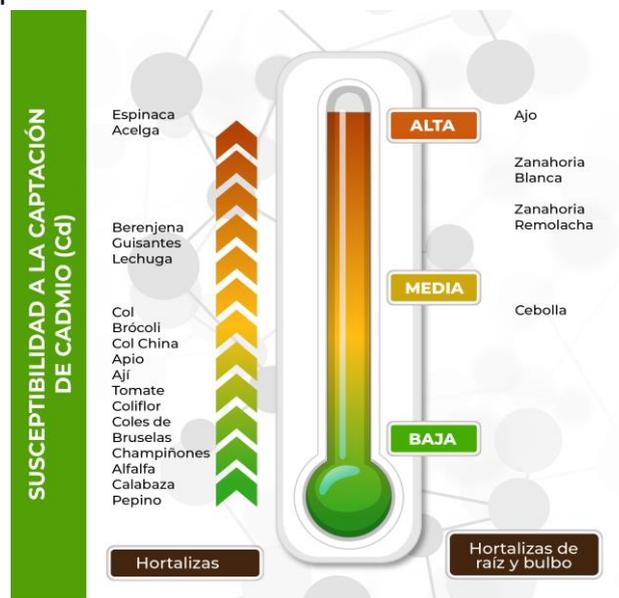


Figura 3. Capacidad de acumulación de cadmio en diferentes tipos de hortalizas

Elaborado: Torres, (2020)

Adicionalmente los seres humanos están expuestos al Cd por el humo del cigarro, ingesta de alimentos, agua y aire contaminados con este metal y la exposición ocupacional (Martínez et al., 2013, p.32). El cadmio se concentra en diversas partes de las plantas, por lo general las hojas son las que poseen la mayor concentración, seguido por las raíces, semillas y frutos (Comisión Nacional para la Minimización de Cadmio, 2003).

2.2.3.1 Efectos del cadmio en la salud

Las seres vivos que poseen una dieta vegetal son más propensos a la acumulación de cadmio, puesto que los alimentos como cereales, vegetales y papas tiene una mayor exposición (Dickson, 2013, citado por Londoño et al., 2016, p.148). Este metal es perjudicial desde concentraciones muy pequeñas y por tal motivo, el cuerpo humano no requiere de este elemento en ninguna forma. La ingesta de cadmio produce hipertensión, cáncer, osteoporosis, alteraciones cardiacas, entre otras (Valdés y Cabrera, 1999, citados por Coronel, 2018, p.12).

El cadmio que ingresa al cuerpo humano por vía respiratoria o por vía oral, se transporta a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón, la ingesta de este metal produce daños irreversibles aún para concentraciones reducidas (Reyes et al., 2016, p.68). Ingresar al cuerpo por vía oral con la ingesta de productos contaminados y por la vía respiratoria a través del humo del tabaco que transporta el cadmio a los pulmones (Prieto Martínez, 2011, p.30). Cuando lo ingesta de Cd es por la vía oral se presentan náuseas, vómitos, dolores abdominales y cefalea. En muchos casos hay diarrea intensa con colapso (Pérez & Azcona, 2012, p. 202). Por lo tanto el cadmio puede provocar daños muy severos en los tejidos y órganos como el hígado, riñón, pulmón, testículos y huesos (Martínez et al., 2013, p.41).

Tabla 4: Fuentes de cadmio y sus efectos adversos

Metal	Fuentes de contaminación	Efectos adversos en personas
Cadmio	Soldadura, fertilizantes, fungicidas, pesticidas, productos plásticos, colorantes, plantas nucleares, torres de platos para el lavado de gases, galvanoplastia, chapado de metales, baterías níquel cadmio, pinturas, entre otras.	Provocar cáncer, daño renal, destrucción de las membranas mucosas, vómitos, diarrea, daño óseo, enfermedad de itai-itai, afectan la producción de progesterona y testosterona.

Fuente: Adaptado de Carbonel, 2018

2.2.4 Hortaliza

“La palabra hortaliza viene del latín *hortalis* relativo a huerto. Las hortalizas son aquellas plantas herbáceas o semi-herbáceas utilizadas por el hombre para su alimentación y que a su vez pueden ser consumidas en forma fresca o elaborada” (Enríquez, 2014 citado por Coronel, 2018, p.3). Las hortalizas son plantas cultivadas, habitualmente, en huerta o regadíos, y se consumen de forma cruda o cocinada. Las hortalizas son verduras o legumbres verdes (Ladrón de Guevara, Quiroz, Acosta, Pimentel y Quiñones, 2004, p.2).

2.2.4.1 Clasificación de las hortalizas

Según la FAO (2003) las hortalizas se clasifican:

- Según el medio de conservación
- Según la parte consumible de la planta.
- Según el color.

La figura 4 muestra la clasificación de las hortalizas según su medio de conservación:



Figura 4. Hortalizas según el medio de conservación

Fuente: FAO, 2003.

En la figura 5 se define la clasificación de las hortalizas según la parte que se consume de la planta.

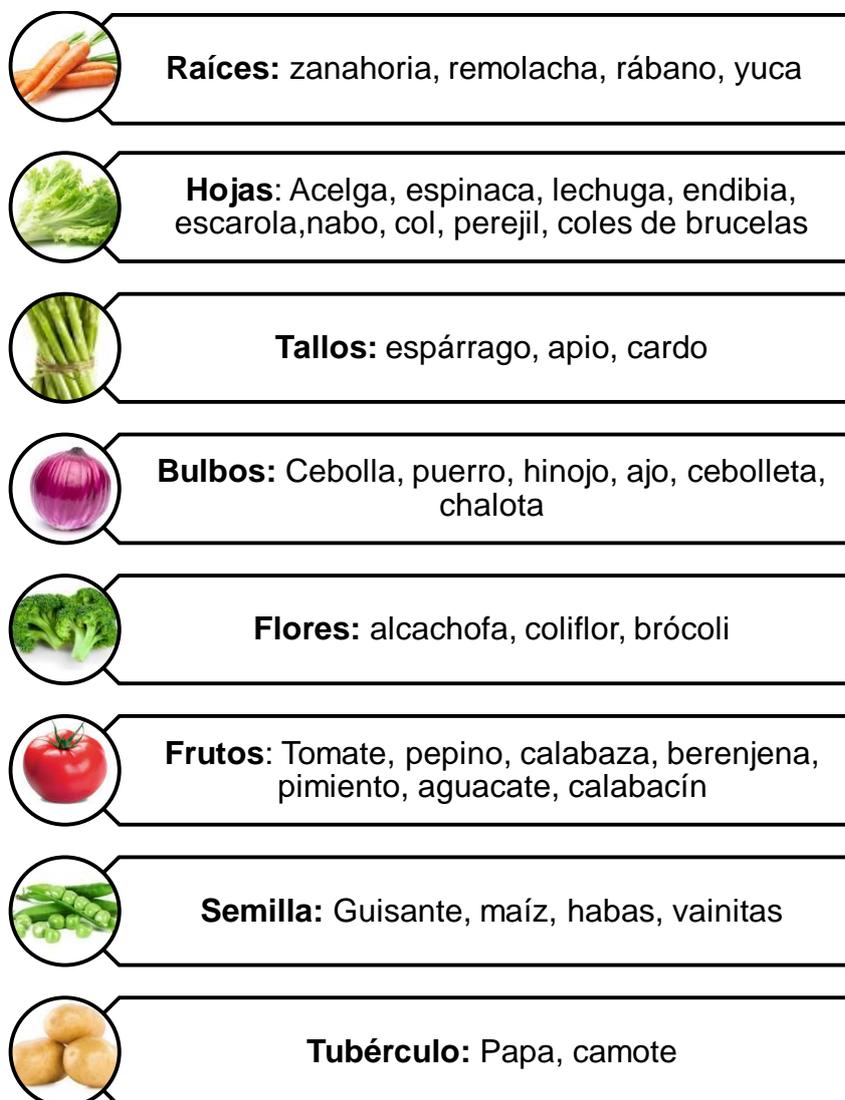


Figura 5. Clasificación de las hortalizas según la parte comestible de la planta

Fuente: FAO, 2003

La figura 6 muestra la clasificación de las hortalizas según su color.

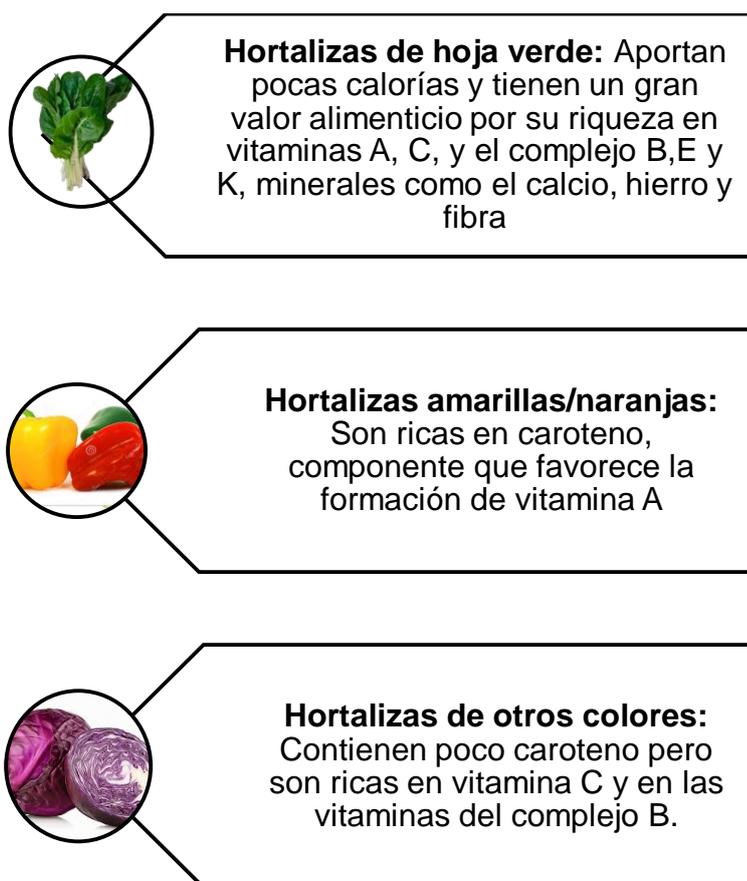


Figura 6. Hortalizas según su color

Fuente: FAO, 2003

2.2.5 Lechuga

Su nombre científico es *Lactuca sativa*. Como lo afirma Japón Quintero (1977) la lechuga es una planta abundante en vitaminas; contiene el 94,8 por 100 de agua, el 1,2 por 100 de proteína, el 0,2 por 100 de grasas, y el 2,9 por 100 de hidratos de carbono. En crudo tiene elevadas dosis de vitaminas A, B, C y E, así como de minerales (p. 2). La lechuga tiene una gran diversidad por los diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento de las plantas (Saavedra, 2017, p.19). En la tabla 5 consta la clasificación de la lechuga adaptada del Manual de producción de la lechuga realizado por Saavedra en el 2017.

Tabla 5: Clasificación Taxonómica de la lechuga

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae (Compositae)
Subfamilia:	Cichorioideae
Género:	<i>Lactuca</i>
Especie:	<i>Sativa</i>
Nombre científico:	<i>Lactuca sativa</i>
Nombre común:	Lechuga

Recuperado de: Adaptado de Saavedra, 2017. Manual de producción de la lechuga, p.19.

La lechuga, es el nombre común de un género de herbáceas de la familia de las Compuestas (Compositae). La lechuga de cogollo, que forma una cabeza similar al repollo, es *Lactuca sativa* variedad *capitata*; la de hoja rizada, que posee hojas separadas, es *Lactuca sativa* variedad *crispa*; la romana, que forma un cogollo con una longitud de 20-30 cm de longitud, es conocida como *Lactuca sativa* variedad *longifolia* (Mondoñedo, 1987 citado por Beltrán, 2001, p.61) Véase figura 7.



Figura 7. Variedades de Lechuga

Fuente: Beltrán, (2001)

La lechuga es cultivada en sustratos de tipo franco arcilloso y franco limoso, ricos en materia orgánica, su desarrollo óptimo se da a un pH del suelo entre 6.0-7.0 (Porta et al., 1999 citado por Beltrán, 2001, p.62). Hanna (1999) afirma que a pesar de ser típica de climas fríos, la lechuga es muy adaptable a otra clase de

climas, para que se dé un desarrollo óptimo, las temperaturas deben fluctuar entre 15-18°C (p.62).

2.2.5.1 Morfología

La lechuga es una hortaliza de cabeza paniculada y flor amarilla. El ovario es unicelular y su único óvulo madura en semilla. Según el tipo de hoja, se presentan dos variedades botánicas: las lechugas de hoja suelta y las lechugas de cabeza. El tipo de hoja suelta corresponde a la variedad botánica *crispa* y el tipo de cabeza a la variedad *capitata* (Osorio, 1983; Whitaker y Ryder, 1964 citados por Madueño, 2017, p.6).

2.2.5.1.1 Raíz

La lechuga posee una raíz pivotante, relativamente gruesa en la corona que se afina gradualmente en profundidad, la cual puede alcanzar más de 60 cm de profundidad (Saavedra, 2017, p.19). La raíz crece con rapidez, con abundante látex, posee muchas raíces laterales de absorción, las cuales se desarrollan en la capa superficial del sustrato (Whitaker & Ryder, 1964 citados por Madueño, 2017). Por esta razón, la absorción de nutrientes y agua ocurren principalmente en las estratos superiores del suelo (Jackson, 1995, citado por Saavedra, 2017).

2.2.5.1.2 Tallo

El tallo es pequeño y de forma cilíndrica y cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha no se ramifica (Valadez, 1997 citado por Madueño, 2017). Saavedra (2017) afirma que cuando finaliza la etapa comercial y el tallo llega a su madurez se produce su elongación que puede alcanzar hasta un metro de altura, entonces su periodo reproductivo comienza, por otro lado cuando se produce la elongación al final del tallo se da la inflorescencia (p.20).

2.2.5.1.3 Hojas

Las hojas no presentan espinas, poseen formas lanceoladas, oblongadas, abovadas y redondas. Su borde puede ser liso, ondulado, crespo o lobulado

dependiendo de la especie. Presentan distintos tipos de color que varían desde verde claro y oscuro, llegando a púrpuras (Gaviola & Granval, 1991, p.9).

2.2.5.1.4 Flor

Las flores se agrupan en capítulos formados por 10 a 20 floretes, con receptáculo plano, rodeado por brácteas sobrepuestas unas a otras (Gaviola et al., 1991, p.9). Cada florete consiste en un simple, linguado pétalo amarillo con cinco dientes. La parte baja está unida como un tubo y envuelve los órganos sexuales (Saavedra, 2017, p. 20).

2.2.5.2 Composición nutricional

La lechuga es una hortaliza escasa en calorías, y las hojas exteriores poseen un mayor contenido en vitamina C. En la tabla se puede observar la composición nutricional de la lechuga.

Tabla 6: Composición nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia

Carbohidratos (g)	20.1
Proteínas (g)	8.4
Lípidos (g)	1.3
Calcio (g)	0.4
Fósforo (mg)	138.9
Vitamina C (mg)	125.7
Hierro (mg)	7.5
Niacina (mg)	1.3
Riboflavina (mg)	0.6
Tiamina (mg)	0.3
Vitamina A (U.I.)	1155
Calorías (cal)	18

Recuperado de: Ladrón de Guevara et al. 2004

2.2.6 Horticultura

La definición de horticultura hace referencia a la ciencia y el arte de cultivar frutas, vegetales, flores y plantas ornamentales. Deriva de la palabra Hortus o jardín, más cultura igual a cultivar (Peña, 2011 citado por Herrera, 2017, p.170).

La horticultura involucra todos los procedimientos necesarios para que las plantas se desarrollen. Las actividades hortícolas incluyen el trabajo de jardinería, la realización de huertas no profesionales y todas las actividades que impliquen el contacto con el entorno natural (Herrera, 2017, p. 170).

La horticultura se diferencia de la agricultura por lucir prácticas muy especializadas según el cultivo y, generalmente, por la pequeña escala de las tareas y la superficie en que se desenvuelven (Leguizamón, 2018, p.8). En el siguiente gráfico se especifican los tipos de horticultura:



Figura 8. Tipos de Horticultura

Elaborado: Torres, (2020)

2.2.6.1 Horticultura industrial-convencional

Como producto de los avances e innovaciones en la ciencia y tecnología propiciadas desde mediados del siglo XX, se ha generado un creciente desarrollo en el sector agrícola y agroindustrial, debido básicamente a la necesidad de producir alimentos que satisfagan la demanda de la gran densidad poblacional a nivel mundial. Es así que ante la necesidad de hacer los suelos más productivos se ha implementado la utilización de fertilizantes, la introducción de nuevas variedades de plantas y la construcción de sistemas de riego más efectivos.

De este modo se ha fortalecido la agricultura industrial la cual se basa en la maximización de la producción y de las ganancias. La agricultura industrial tiene seis prácticas básicas, que son: labranza intensiva, irrigación, monocultivos, uso de fertilizantes inorgánicos, control químico de plagas y manipulación genética de los cultivos (Gliessman, 1998, p.3).

Aunque la intención de estas prácticas sea el de aumentar la producción del suelo cabe señalar que las mismas, alteran de manera negativa el medio ambiente y tienen repercusiones en la salud de los seres vivos. Uno de los inconvenientes de los países que han efectuado este tipo de agricultura y horticultura, es la erosión del suelo, es decir, la eliminación de la capa fértil rica en nutrientes, donde se desarrollaban los cultivos (Salazar, 2012, citado por Pila, 2016, p.6).

2.2.6.2 Horticultura orgánica

La horticultura orgánica es la ciencia y el arte de cultivar vegetales, plantas medicinales y ornamentales basándose en los principios de la agricultura orgánica con el fin de conservar los suelos, controlar las plagas y labores ancestrales (Salazar, 2012 citado por Pila, 2016, p.7). En esta técnica el elemento nutricional básico es la materia orgánica, por lo tanto, es muy importante el reciclaje de nutrientes. La agricultura orgánica busca tener un buen manejo del suelo, evadiendo la alteración de su actividad biológica y fertilizándolo con materia orgánica descompuesta de origen animal o vegetal como estiércol y humus de lombriz (Charvet, 2012, p.14).

Según la FAO, (1999) “las técnicas utilizadas en la agricultura orgánica son el acolchado, la integración entre cultivos y ganado y los cultivos intercalados (...)” Además la organización especifica que no se deben utilizar pesticidas y es indispensable la rotación de cultivos de manera de robustecer el suelo.

2.2.6.3 Horticultura hidropónica

Los cultivos hidropónicos son aquellos que se realizan sin suelo, aprovechando áreas como terrazas, terrenos escarpados y suelos infértiles, sin

perder de vista las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes. Los elementos minerales esenciales son aportados por agua y una solución nutritiva (Beltrano & Giménez, 2015, p.9-10). Los cultivos hidropónicos surgen como producto de la necesidad de crear espacios alternativos, debido a la crisis en las zonas agrícolas afectadas fundamentalmente por la industrialización y el cambio climático.

Las ventajas de la técnica hidropónica según Laura Alpízar, 2008

- Es económicamente rentable
- Favorece la reutilización de los plásticos
- Se puede cultivar y cosechar de una manera limpia y fresca
- Es utilizada en lugares donde la tierra es escasa, por ejemplo los desiertos
- Genera más producción y menos superficie y sin riesgo de contaminación (p. 11).

2.2.7 Contaminación de hortalizas por metales pesados

Los metales pesados suelen encontrarse biodisponibles en los suelos dependiendo de varios procesos que ocurren en él. El movimiento de los metales en el suelo puede aumentar por el descenso de pH, modificaciones en las condiciones redox y el incremento de algunas sales inorgánicas (Bourg, 1995, p. 19-31). Las características y propiedades del sustrato también influyen en el movimiento de los metales, tales como: pH, potencial redox, materia orgánica y el tipo de arcilla (Ross, 1994 citado por Peris, 2006, p. 12). El pH es la característica edáfica que más afecta a la impregnación de Cd, Cu y Pb (Basta et al., 1993 citados por Peris, 2006 p. 14). Asimismo, los metales presentes en suelo con pH básicos son retenidos, mientras que, en suelos ácidos los metales se encuentran en una forma soluble, por ende, su biodisponibilidad es mayor para las plantas (Ross, 1994 citado por Peris, 2006).

Los metales pesados son nocivos porque tienden a bioacumularse en varios cultivos. Se denomina bioacumulación al aumento de la concentración de un producto químico en un organismo vivo en un cierto plazo de tiempo, comparada a

la concentración de dicho producto químico en el entorno (Angelova et al., 2004 citado por Prieto Méndez et al., 2009, p. 29).

En la figura 9 se muestra un esquema que representa las posibles fuentes de contaminación antropogénica y natural del sistema agrícola por metales pesados en el suelo. También se representa el transporte de los contaminantes desde el suelo a la planta y como esta llega a los animales y seres humanos. Consecuentemente, se presenta como la disposición de metales pesados en los cultivos repercute directamente a la salud humana.

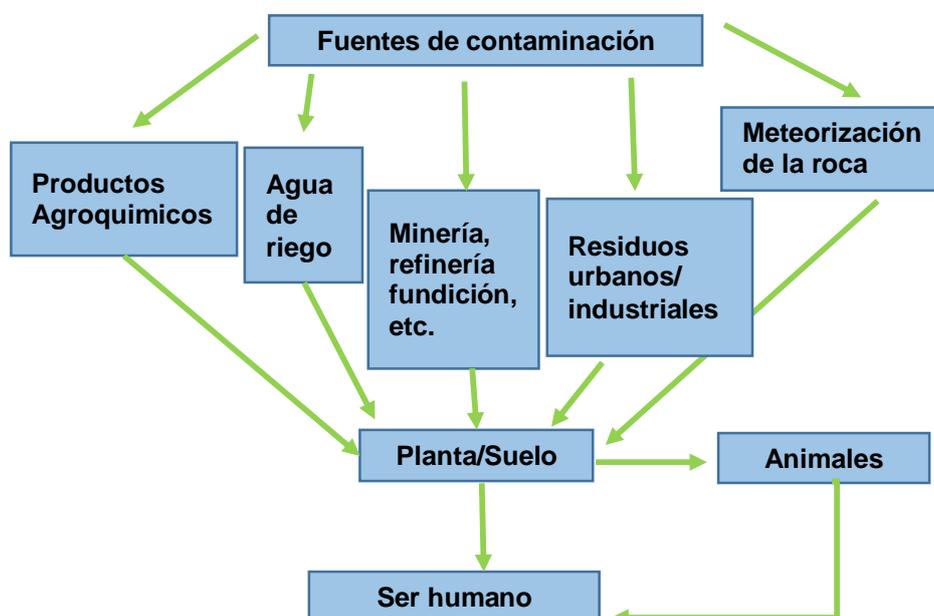


Figura 9. Fuentes de contaminación en el sistema suelo-planta.

Fuente: Modificado por Peris, 2006.

Algunos metales pesados son fundamentales para las plantas por ejemplo el cobre, hierro, zinc y manganeso; sin embargo otros metales no esenciales como el cadmio o plomo pueden ser incidir en el crecimiento de la plantas (Peris, 2006 p.3). “Algunos metales y metaloides no esenciales para los vegetales son absorbidos, traslocados y acumulados en la planta debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos requeridos” (Ibarra, 2009 citado por Pila, 2016, p.9). Los efectos negativos son: la modificación de las relaciones planta-agua; el aumento de la permeabilidad de las raíces, que las hace menos selectivas para la absorción de elementos; la inhibición de la fotosíntesis y respiración (Chang et al., 1992 citado por Peris, 2006, p.3).

La incorporación de los metales hacia las plantas se origina principalmente en el suelo, por medio de las raíces, y está influenciada por diversos factores entre los que destacan el tipo de suelo, temperatura, pH, aireación, condiciones redox, la especie vegetal, entre otros. Las plantas son capaces de incorporar cantidades significativas de algunos elementos a través de la absorción foliar. Una vez que los iones metálicos han sido absorbidos, pueden trasladarse por toda la planta (Girón, 2014 citado por Shugulí, 2018, p.6).

Otros factores que contribuyen a la contaminación de los cultivos son:

La falta de rotación de cultivos y de tiempo de descanso del suelo, el riego con aguas residuales industriales o domésticas sin ningún tratamiento previo y el uso de insumos agrotóxicos (Prieto Martínez, 2011, p.20). La absorción de los metales pesados por las plantas es habitualmente el primer paso para el ingreso de éstos en la cadena trófica (Prieto Méndez et al., 2009, p. 30).

2.2.8 Agricultura urbana

Como parte de la búsqueda de soluciones que permitan aumentar la cantidad de alimentos y disminuir los efectos de la contaminación, se desarrolla el movimiento de la agricultura urbana, basado en la producción de alimentos de una manera orgánica (Hernández, 2006, p.3). Según la FAO, (2019) la agricultura urbana es el cultivo de plantas en el interior y en los alrededores de las ciudades. Proporciona productos alimentarios como granos, raíces, hortalizas, hongos, frutas, así como productos no alimentarios como plantas aromáticas y medicinales.

La importancia de la agricultura urbana reside en su capacidad de alimentar a sectores de la población con dificultades para adquirir alimentos, especialmente frescos. Por ende los productos que se obtienen de este tipo de agricultura son para consumo propio (Hernández, 2006, p.3). En las ciudades grandes y con densidad poblacional no existen áreas verdes o espacios grandes de cultivo, ante estas circunstancias los Huertos Urbanos se convierten en una alternativa práctica y rentable.

Los Huertos Urbanos o huertos familiares son una forma de cultivo que se realiza en pequeñas extensiones de suelo urbano y periurbano. Los cultivos pretenden satisfacer todos los requerimientos de vitaminas, fibra y proteínas para complementar la alimentación (FAO, 2011 b).

Los huertos pueden ser hasta 15 veces más productivos que las fincas rurales. Un espacio de apenas un metro cuadrado puede proporcionar 20 kg de comida al año. Los horticultores urbanos gastan menos en transporte, envasado y almacenamiento, y pueden vender directamente en puestos de comida en la calle y en el mercado (FAO, 2019).



Figura 10. Huerto Urbano

Elaborado: Torres, (2020)

2.3 Marco legal

2.3.1 Normativa nacional

Tabla 7: Normativa Nacional

Constitución Nacional	Título II Derechos	
	CAPITULO SEGUNDO	
	Derechos del Buen vivir	Art. 13
	Sección Primera	
	Agua y alimentación	
Constitución Nacional	Título II Derechos	
	CAPITULO SEXTO	Art. 66 inciso 2
	Derechos de libertad	
	Titulo VI Régimen de desarrollo	
	CAPITULO TERCERO	Art. 281 inciso 13
	Soberanía Alimentaria	
Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria	Título I Principios generales	Art. 1 Art. 3 inciso d)
Plan Nacional de Desarrollo Toda Una Vida		Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones Políticas inciso 3.4

Elaborado: Torres, (2020)

2.3.2 Normativa internacional

Tabla 8: Normativa Internacional

Unión Europea	Contenidos Máximos en metales pesados en productos alimenticios Cadmio (Cd) Plomo (Pb)
CODEX ALIMENTARIUS Normas Internacionales de los alimentos	Norma general para los contaminantes y toxinas presentes en los alimentos y piensos Cadmio (Cd) Plomo (Pb)

Elaborado: Torres, (2020)

CAPÍTULO III

3.1 Materiales y métodos

3.1.1 Área de estudio

La metodología de muestreo a emplearse en la presente investigación, tiene como objetivo la comparación de concentraciones de plomo y cadmio en *Lactuca sativa* de diferentes tipos de cultivo. Para esto se escogió a la ciudad de Guayaquil, debido a que es la ciudad más poblada del Ecuador y presenta fácil acceso de hortalizas por medio de tiendas, mercados y supermercados.

3.1.2 Huerto urbano

Se realizó la implementación de un huerto urbano en casa, con el objetivo de cultivar y cosechar lechugas libres de pesticidas, plaguicidas y más contaminantes, que al consumirse afectan la salud del ser humano. El huerto urbano es una forma sostenible de obtener alimentos libres de metales pesados, además que fomenta el reciclaje y ayuda a liberar a las personas del estrés al que se someten por vivir en una ciudad escasa de áreas verdes. El huerto urbano se realizó en la Ciudadela Alborada, ubicada en el norte de la ciudad de Guayaquil, en una terraza sobre una construcción de dos pisos, adyacente a una avenida principal muy transitada (Observar figura 10).

3.1.2.1 Selección del lugar

Se eligió la terraza de una casa debido a que para la construcción de un huerto es fundamental que reciba la luz del sol la mayor parte del día, puesto que de no ser así se podría ver afectado el desarrollo y crecimiento de las lechugas. También es necesario escoger un lugar que disponga agua accesible para el riego de las plantas. Además, la terraza está ubicada a 7 metros de altura, lo cual ayuda a que las hortalizas no reciban directamente la polución producida por automotores.

3.1.2.2 Selección de la hortaliza a cultivar

Para la selección de la hortaliza que se desee cultivar, se debe de tomar en cuenta el tipo de clima del lugar, las estaciones, y la temporada en la que es más óptima la siembra de cierto tipo de plantas, además de los cuidados que la misma necesita. La hortaliza seleccionada fue la lechuga, ya que el estudio quiere obtener las concentraciones de metales pesados en *Lactuca sativa* por ser una de las hortalizas más consumidas en el país. La compra de las semillas de la lechuga romana se realizó en un supermercado tomando en cuenta que la fecha de caducidad este vigente.

Tabla 9: Características del cultivo de la lechuga

Nombre científico	<i>Lactuca sativa</i>
Marco de plantación	25 cm sobre hilera x 50 cm entre hilera
Tipo de siembra	Directa o almacigo trasplante.
Clima	Templado
Suelo	Sueltos, ricos en materia orgánica, con buen drenaje. Poco tolerante a la acidez.
Riego	Ligeros y frecuentes incluso en el periodo de cosecha. Evitar exceso de humedad durante el último mes de cultivo.
Época de siembra	Todo el año
Fotoperiodo	Planta de día corto: Condiciones de luz menor a 14 horas.
Aislamiento entre variedades	No es necesario aislar.

Recuperado de: Manual técnico Producción Artesanal de Semillas de Hortalizas para la Huerta Familiar, FAO, 2011a

3.1.2.3 Elección de los maceteros

La selección del contenedor de la planta dependerá del tipo de hortaliza que se quiera sembrar, debido a que debe tomarse en cuenta la profundidad que alcanzan las raíces, la altura de la planta y su follaje. Para la agricultura urbana es común que se utilicen objetos reciclados, todo aquello que posea características de un contenedor o macetero puede ser utilizado con este fin. Se debe procurar que la obtención de un contenedor no genere un gasto extra, ya que para el diseño de

un huerto urbano debe estar condicionado a los materiales que uno disponga en ese momento o materiales que han sido desechados, pero que se les puede dar un nuevo uso.

Se procedió a la búsqueda de contenedores que puedan ser reutilizados. Se visitaron las tiendas de abarrotes cercanas a la casa, ya que en ellas venden todo tipo de verduras en cajas de madera. Generalmente estas cajas son desechadas a medida que se venden los alimentos que las contienen. Se recolectaron 4 cajas de madera, cada una con dimensiones de 50 cm x 75 cm, además se crearon nuevos contenedores por medio de la reutilización de botellas de plástico y también se reutilizó un macetero que no se encontraba en uso.

3.1.2.4 Elaboración del huerto urbano

Para el huerto urbano se escogió un tipo de suelo denominado franco-limoso, se lo mezcló con humus orgánico ya que no contiene contaminantes que puedan alterar los resultados y con cascarilla de arroz para aportar aireación al sustrato, ambos fueron adquiridos en el supermercado. Se realizó la mezcla del suelo con el humus y la cascarilla de arroz hasta obtener un sustrato homogéneo.



Figura 11. Preparación del sustrato

Elaborado: Torres, (2020)

Para las cajas de madera recicladas, se utilizó una malla de plástico con el fin de lograr retener la humedad y evitar que el sustrato se escape, pero que

también tenga la capacidad de filtrar los excesos de agua y así evitar encharcamientos que podrían afectar a las raíces.



Figura 12. Preparación de los contenedores

Elaborado: Torres, (2020)

Para el macetero de plástico se procedió a realizar una serie de orificios en el fondo, con el objetivo de que el suelo pueda filtrar los excesos de agua. Los orificios se realizaron calentando un destornillador, ya que al hacer contacto con el plástico este empezaría a derretirse y se formaron orificios con la punta del mismo.



Figura 13. Adaptación de maceteros.

Elaborado: Torres, (2020)

Una vez obtenido unos contenedores óptimos para el huerto, se procedió a llenarlos con la mezcla de tierra, cascarilla de arroz y humus, que se mencionó anteriormente. Luego se insertaron las semillas a una profundidad de 5 cm, se las cubrió con el sustrato. Posteriormente se realizó su riego, Véase la figura 14.



Figura 14. Plantación de semillas

Elaborado: Torres, (2020)

Se eligió el tipo de siembra indirecto, es decir que las semillas se siembran en un semillero hasta que germinen y se desarrollen las dos primeras hojas. Una vez que las hojas se desarrollaron, se procedió a cambiar las plantas con cuidado, a los maceteros con 30 cm de profundidad y un diámetro de 40 cm para que las plantas puedan prosperar sin inconvenientes.



Figura 15. Tipo de siembra indirecta

Elaborado: Torres, (2020)

Los riegos se realizaron dos veces al día, evitando hacerlo en horas de sol, porque el agua forma gotas en las hojas que recrean un efecto de lupa, donde el

calor quema el follaje. Se procuró cuidar las plantas del mismo, debido a que son plantas de ciclo corto. Al medio día se las retiraba de la luz directa del sol, para evitar daños por temperaturas excesivas y se las ubicaba en un lugar donde llegara luz solar de forma indirecta. Luego de 3 meses se procedió a cosechar las lechugas y se preparó la muestra de las mismas a través de las indicaciones brindadas por el laboratorio del Instituto Nacional de Pesca.

3.2 Metodología

Se seleccionó una de las cadenas de supermercado de mayor afluencia en el norte de la ciudad de Guayaquil, donde diferentes variedades de hortalizas son comercializadas. Se recolectaron muestras de lechuga cuyas marcas son las de mayor consumo en la ciudad, por otro lado, también se analizaron las lechugas cultivadas y cosechadas en el huerto urbano, ubicado unas cuadras de distancia del supermercado donde se realizó el muestreo de las demás hortalizas.

A continuación en la tabla 10 se manifiestan las coordenadas del lugar y en la figura 16 el Mapa de los sitios de muestreo, donde se especifica la ubicación donde se realizaron las compras de diferentes cultivos de hortalizas y la recolección de muestras del huerto urbano para posteriormente rotular las muestras, las cuales fueron transportadas a un laboratorio donde se analizaron las concentraciones de metales pesados.

Tabla 10: Coordenadas de los puntos de muestreo

Puntos	Lugar de muestreo	Coordenada X	Coordenada Y
1	Supermercado	622599	9763192
2	Huerto Urbano	622172	9763261

Elaborado: Torres, (2020)

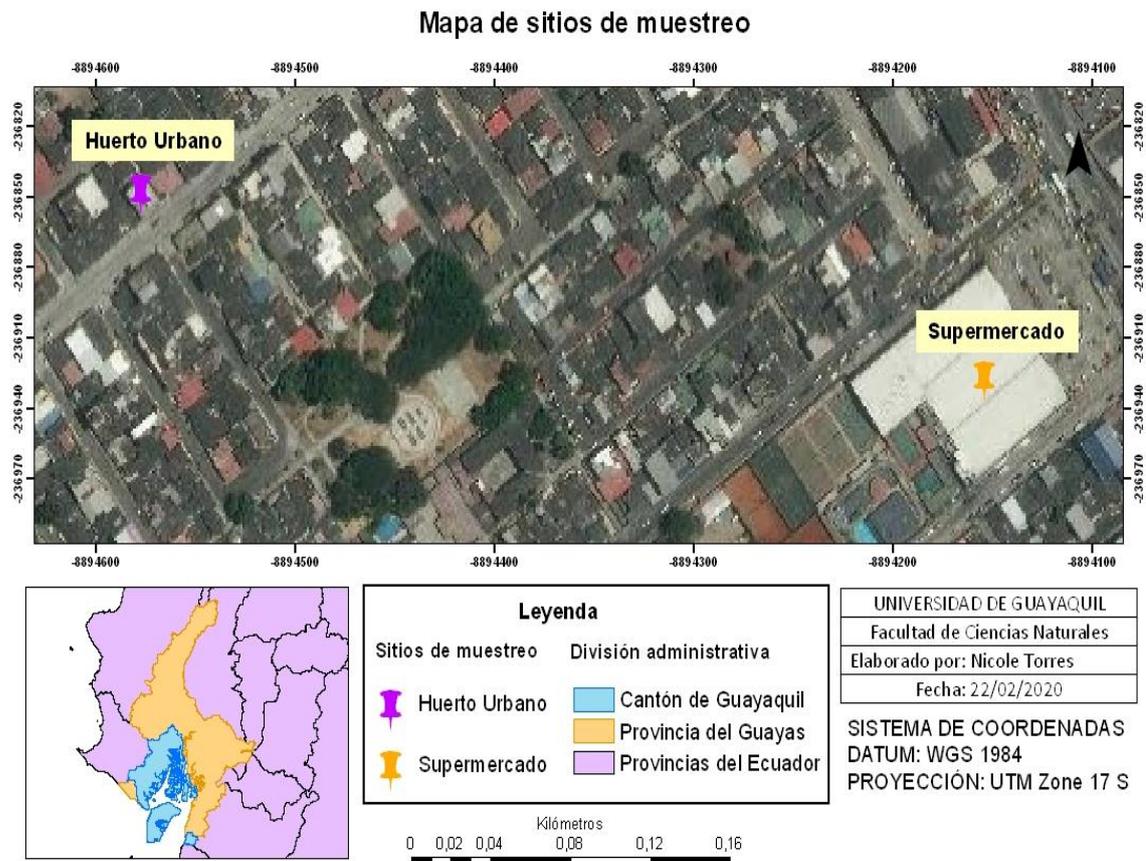


Figura 16. Mapa de sitios de muestreo

Elaborado: Torres, (2020)

Para los análisis de cadmio y plomo se recolectaron 3 tipos diferentes de cultivos de lechugas en el supermercado y también se recolectaron muestras de las lechugas cosechadas en el huerto urbano, dando un total de 4 tipos de cultivo de lechuga distintos.

En los sitios de muestreo se procedió a seleccionar las lechugas de cada tipo de cultivo mediante el muestreo probabilístico de tipo al azar simple. Se tomaron 4 unidades por cada tipo de cultivo para lograr una muestra por cuadruplicado, dando un total de 16 muestras a las cuales se efectuaron 32 análisis, 16 para cadmio y 16 para plomo.

3.2.1 Recolección de muestras

Se recolectaron muestras de lechuga según los tipos de cultivos ya mencionados anteriormente y que pertenezcan a marcas que poseen un gran consumo en la ciudad de Guayaquil. La variedad de lechuga escogida tanto en los supermercados como las cultivadas en el huerto urbano fue *Lactuca sativa* variedad *longifolia*. La muestra para lechugas procedentes de cultivos hidropónicos fue denominada (MC), para cultivos industriales lechugas (JB), para cultivos de lechugas de origen orgánico (EC) y las lechugas cultivadas en el huerto urbano serán denominadas (SN).

Por cada tipo de cultivo se obtuvieron 4 muestras teniendo un total de 16 muestras para los análisis de cadmio y plomo. Las hortalizas se obtuvieron en un supermercado del norte de la ciudad de Guayaquil con gran afluencia de clientes, con números de lotes distintos y con fecha de caducidad vigente. Se estipuló una codificación diferente para cada tipo de cultivo de lechuga. Véase a continuación en la tabla 11.

Tabla 11: Codificación de muestras de lechuga

Tipo de cultivo de <i>Lactuca sativa</i> variedad <i>longifolia</i>	Código	Número de muestras
Hidropónica	MC	n=4
Industrial	JB	n=4
Orgánico	EC	n=4
Huerto urbano	SN	n=4
Total		n=16

Elaborado: Torres, (2020)

3.2.2 Procesamiento de las muestras

Luego de haber recolectado los distintos tipos de muestras, se procedió a prepararlas mediante las indicaciones brindadas por el laboratorio del Instituto Nacional de Pesca (INP). Se realizó la preparación de las muestras de un cultivo de lechuga a la vez para evitar confusiones. El proceso inició separando las hojas del tallo para luego ser depositadas en una licuadora o procesadora de alimentos, con el objetivo de triturar las hojas para lograr una pasta homogénea. Fue

indispensable limpiar la procesadora de alimentos cada vez que se iba a triturar una nueva muestra para así evitar la contaminación de las muestras y por ende la alteración de los resultados.



Figura 17. Trituración de lechuga

Elaborado: Torres, (2020)

Una vez obtenida una pasta homogénea de cada una de las 16 muestras de lechuga, se procedió a ubicarlas en fundas plásticas que posean cierre hermético, para luego pesarlas en una balanza digital. Se colocó poco a poco la muestra dentro de la funda hasta alcanzar los 10 g.



Figura 18. Pesado de la muestra

Elaborado: Torres, (2020)

Luego de alcanzar el peso ideal, el cierre hermético se cierra y se procede a la rotulación de las muestras, cada muestra posee una codificación diferente Véase en la tabla 11 y la Figura 19.



Figura 19. Rotulado de las muestras

Elaborado: Torres, (2020)

Una vez procesadas y rotuladas las 16 muestras de lechuga, se las sometió a refrigeración hasta que sean transportadas al laboratorio del Instituto Nacional de Pesca, donde se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito para analizar el cadmio y plomo en las lechugas seleccionadas. La duración del análisis tuvo un tiempo estimado de 9 días.

3.2.3 Análisis de laboratorio

La espectrofotometría óptica atómica es un método que identifica y cuantifica elementos presentes en diversas matrices. Este método transforma elementos presentes en una muestra en átomos en estado gaseoso a través de la atomización (Mañay, Clavijo y Díaz, 2009, p.79). “La técnica es particularmente apropiada para la determinación de trazas de metales en muestras biológicas y medioambientales. También es de utilidad cuando la muestra contiene un nivel elevado del elemento metálico” (Vásconez, 2012, p.34).

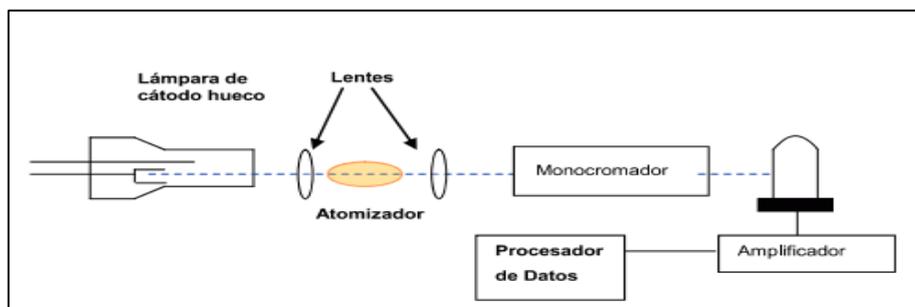


Figura 20. Esquema de los constituyentes de un equipo de espectrofotometría de absorción atómica

Fuente: Mañay, Clavijo y Díaz, 2009

La determinación del contenido de cadmio y plomo en cada una de las muestras efectuó por medio de espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito, con el uso del espectrofotómetro VARIAN modelo SpectrAA 220Z. La espectrofotometría por horno de grafito se basa en la absorción de luz de un elemento en estado atómico. Involucra 2 procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres (Mañay, Clavijo y Díaz, 2009, p.80). “En la práctica, las muestras se vaporizan y se convierten en átomos libres, proceso denominado atomización. Sobre el vapor atómico originado se hace incidir la radiación electromagnética que será absorbida parcialmente por el analito” (Vásconez, 2012, p.31)

3.2.4 Proceso del laboratorio

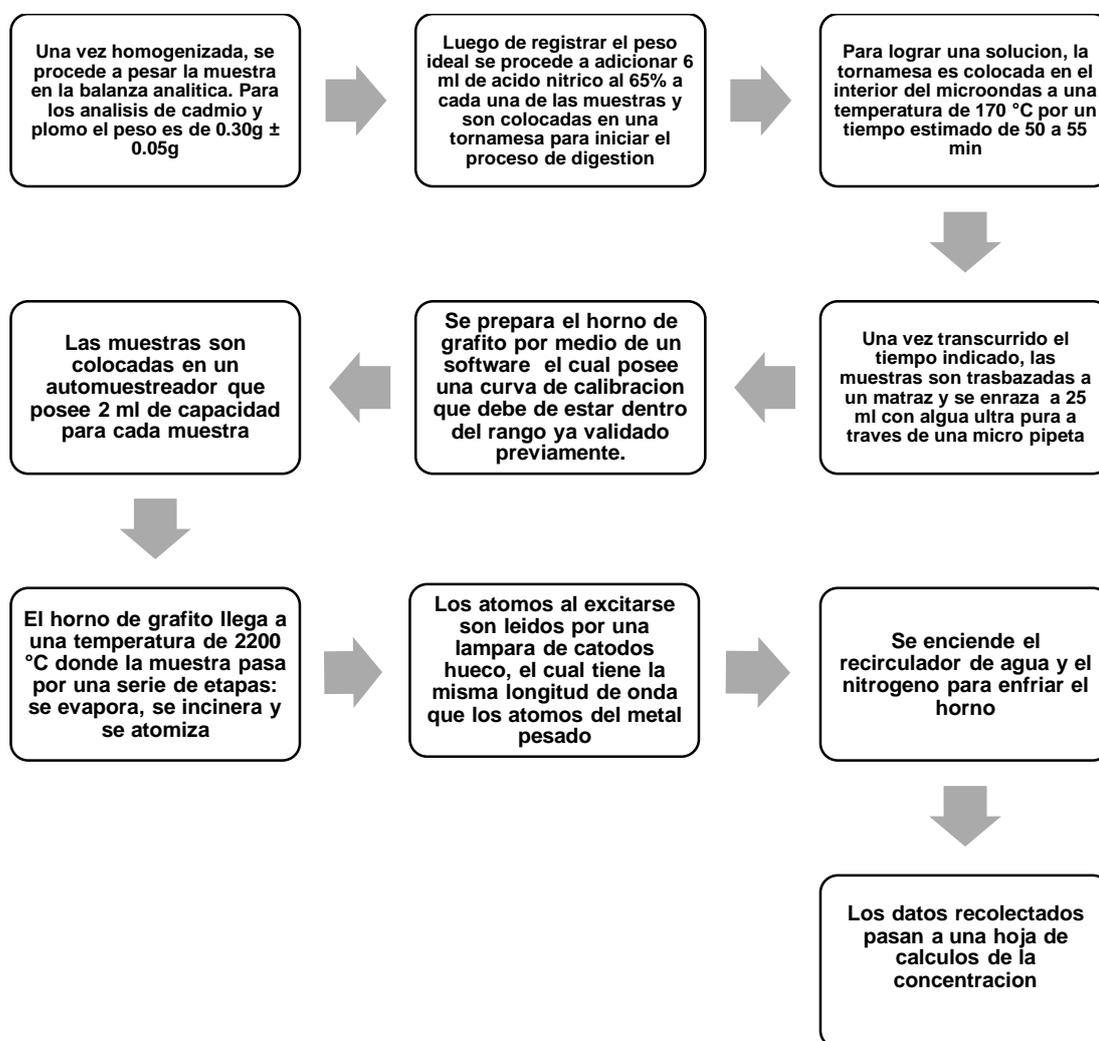


Figura 21. Proceso de laboratorio

Elaborado: Torres, (2020)

3.2.5 Condiciones ambientales del laboratorio

Las condiciones ambientales a las que se mantuvo el laboratorio durante la realización del proceso fueron de 19-26 °C y a una humedad relativa de 49-70%

3.3 Expresión de resultados

La lectura de las muestras que proporciona el equipo se resta con la lectura del blanco. Esta diferencia se multiplica por el factor de dilución el cual es 25 ml dividido por el peso de la muestra. El valor obtenido de la muestra es en ppm y se expresa en mg/kg.

3.4 Análisis Estadístico

Una vez obtenidos los resultados del laboratorio, se registraron los datos a Excel y se procedió a realizar el análisis estadístico. Para establecer la normalidad de los datos se empleó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, utilizando el método de transformación Johnson se lograron normalizar los datos. Se aplicó una prueba de análisis de varianza de una vía con el test de ANOVA y por medio de una prueba de Turkey se verificaron si existían diferencias significativas entre los distintos tipos de cultivos de lechuga. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo bajo los lineamientos del software Minitab 17.0

CAPÍTULO IV

4.1 Resultados

Una vez obtenidos los resultados del análisis del laboratorio, se registraron las concentraciones de cadmio y plomo obtenidas en las lechugas. Las lechugas provenientes del cultivo hidropónico presentaron los valores más bajos tanto para cadmio como para plomo, mientras que el cultivo industrial registró los valores más altos para los dos metales ya mencionados. Los resultados se registraron como promedio \pm desviación estándar.

4.1.1 Análisis comparativo de cadmio en diferentes tipos de cultivos

Entre los tipos de cultivos industriales y orgánicos no existe una diferencia significativa y fueron denominados con la letra (a). Los tipos de cultivo hidropónicos y huerto urbano, tampoco presentaron una diferencia significativa y fueron denominados con la letra (b). No obstante, las muestras que se representan con la letra (a) presentan diferencias significativas con las muestras que se representan con la letra (b) según Anova de una vía y test a posteriori de Turkey.

La muestra hidropónica presentó una media de 0.000175 ± 0.000236 mg/kg registrando que la muestra MC4 obtuvo la concentración más alta de cadmio y las muestras: MC2 y MC3 obtuvieron el valor más bajo de cadmio con 0.00 mg/kg. La muestra de huerto urbano registró una media de 0.000450 ± 0.000714 mg/kg, observando que la muestra SN2 posee la concentración más alta de cadmio, con un valor de 0.0015 de mg/kg. La muestra del cultivo industrial presentó una media de 0.03375 ± 0.00763 mg/kg, registrando que la muestra JB1 posee la concentración más alta de cadmio. La muestra de cultivo orgánico posee una media de 0.00610 ± 0.00209 mg/kg.

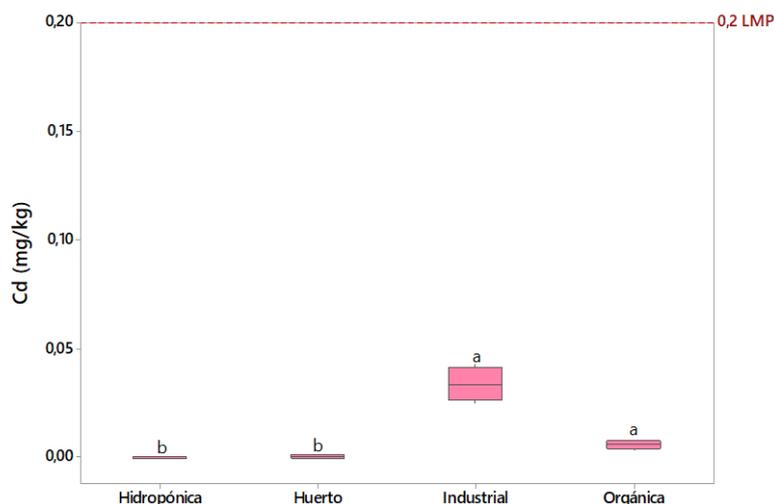


Figura 22. Concentraciones de cadmio de los diferentes cultivos de lechuga

Elaborado: Torres, (2020)

En las lechugas se observaron diferencias significativas en la concentración de Cd según el tipo de cultivo ($F= 16,70$; $P= 0.000$). La mayor concentración de Cd se encontró en la lechuga industrial con un promedio de 0.034 ± 0.003 mg/kg, seguido por la orgánica (0.006 ± 0.001 mg/kg) y estas se diferenciaron estadísticamente de las cultivadas en huerto urbano (0.0004 ± 0.0003 mg/kg) y cultivo hidropónico (0.0001 ± 0.0001 mg/kg).

4.1.2 Análisis comparativo de plomo en diferentes tipos de cultivos

La muestra de tipo de cultivo industrial denominada con (*) presenta una diferencia significativa en relación a los tipos de cultivos orgánicos, huerto urbano e hidropónicos.

Los cultivos de tipo orgánico, hidropónico y de huerto urbano obtuvieron valores debajo de la curva de calibración del espectrofotómetro de absorción atómica por horno de grafito, es decir, resultaron exentos de contaminación por plomo, mientras que para el cultivo de tipo industrial se obtuvo una media de 0.1393 ± 0.1552 mg/kg.

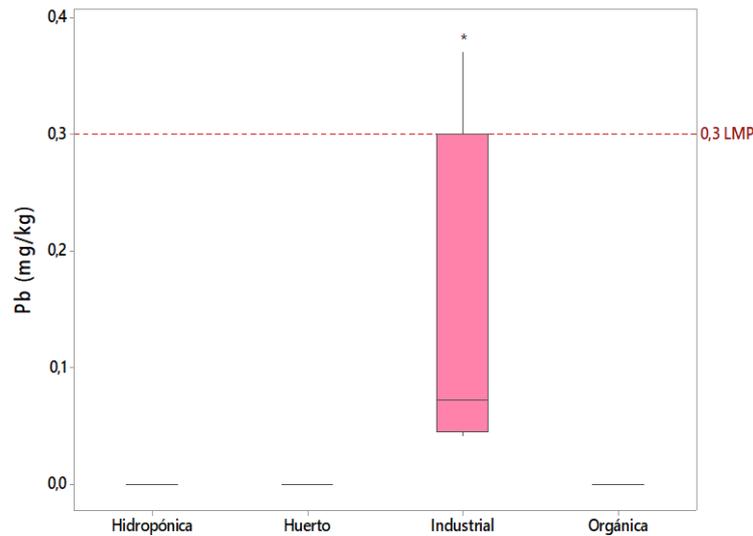


Figura 23. Concentraciones de plomo en diferentes cultivos de lechuga

Elaborado: Torres, (2020)

El Pb solo se detectó en la lechuga industrial con un promedio de $0,139 \pm 0,077$ mg/kg y un valor máximo de 0,37 mg/kg, el cual sobrepasa los Límites Máximos Permisibles según la normativa internacional de la Unión Europea y el Codex Alimentarius.

4.1.3 Comparación de las concentraciones de obtenidas en los diferentes tipos de cultivos de lechugas con la normativa internacional en relación a los límites máximos permisibles.

Una vez conseguidos los resultados de los análisis de concentraciones de metales pesados, se llevó a cabo la comparación de las concentraciones de Cd y Pb en los diferentes tipos de cultivo de lechuga con las distintas normativas internacionales mencionadas anteriormente en el Marco legal las cuales son: Codex Alimentarius (Contaminantes y toxinas presentes en alimentos) y El Reglamento N 488/2014 de la Unión Europea (UE). En vista de que no existe una Normativa Ecuatoriana para la concentración máxima permitida de cadmio y plomo en hortalizas de consumo directo no se puede comparar con ninguna Normativa Nacional.

Tabla 12: Comparación de las concentraciones de Cd y Pb con la normativa de la Unión Europea y el Codex Alimentarius

Parámetro	Tipo de cultivo	Normativa Internacional Aplicable	Límite Máximo Permisible (LMP)	Resultado de concentración mg/kg	Estado
Cd	Industrial			0,034±0,003 mg/kg	cumple
Cd	Orgánico	Reglamento No 488 de la Comisión de 12 de mayo de 2014 de la Unión Europea Y Codex Alimentarius	0,20 mg/kg	0,006±0,001 mg/kg	cumple
Cd	Huerto urbano			0,0004±0,0003 mg/kg	cumple
Cd	Hidropónico			0,0001±0,0001 mg/kg	cumple
Pb	Industrial			0,139±0,077 mg/kg	cumple
Pb	Orgánico		0,30 mg/kg	nd ¹	cumple
Pb	Huerto urbano			nd	cumple
Pb	Hidropónico			nd	cumple

Elaborado: Torres, (2020)

La tabla 12 indica que las lechugas obtenidas de supermercados de la ciudad de Guayaquil y las lechugas cosechadas en el huerto urbano, son aptas para el consumo humano debido a que las concentraciones de Cd y Pb se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles decretados por la Unión Europea y el Codex Alimentarius.

4.1.4 Propuesta de implementación de Huerto Urbano

Después de demostrar que el huerto urbano presentó valores mínimos de Cd y no registró concentraciones de Pb, se recomienda a la población implementar huertos urbanos en sus viviendas.

¹ nd: no detectado

A continuación se redacta una propuesta de cinco actividades que pretenden motivar a las personas para que implementen sus propios huertos con el fin de disminuir el consumo de hortalizas contaminadas por metales pesados; como cadmio y plomo presentes en las lechugas comercializadas en la ciudad de Guayaquil.

Tabla 13. Actividades para la propuesta del huerto urbano

Actividad	Descripción	Recursos
Implementación del Huerto Urbano	La propuesta considera la implementación de un espacio verde en una zona urbana donde se lleve a cabo el cultivo de lechugas romanas, tomando en cuenta los beneficios que aporta tanto a la salud física y al bienestar emocional, ya que es una actividad que conecta a la persona con la naturaleza. Los pasos a seguir para la elaboración del huerto urbano son los siguientes: 1) selección del lugar, 2) selección de la hortaliza a cultivar, 3) elección de los maceteros (es recomendable reutilizar embaces que sirvan como contenedores), 4) Adquirir las semillas y el sustrato.	-Maceteros reutilizados -Sustrato -Semillas -Luz solar -Agua para riego
Charlas informativas y de concientización en centros educativos	En vista de la necesidad que tienen los docentes de recibir capacitación que les permita la implementación efectiva y significativa de proyectos escolares en el área de CCNN. Se ha considerado en la propuesta realizar charlas informativas y de concientización sobre la importancia de crear espacios en donde se cultiven hortalizas de manera que los estudiantes mantengan un contacto directo con la naturaleza a través del cuidado de las plantas, además de conocer la importancia de tener una cultura sostenible con el ecosistema y cómo la agricultura urbana fomenta la disminución de desechos sólidos a través del reciclaje y de desechos orgánicos por medio del compostaje.	-Carteles con imágenes -Fotografías -Trípticos con los pasos, cuidados y beneficios de los Huertos Urbanos -Maceteros reutilizados

<p>Charlas informativas a la comunidad (barrio)</p>	<p>En vista de la necesidad de compartir la experiencia de la implementación de un Huerto Urbano y en vías de motivar a la comunidad se ha planteado en la propuesta de organización de charlas informativas sobre la manera en cómo se pueden cultivar hortalizas en espacios reducidos. Los huertos urbanos ayudarían a fomentar a la colectividad, al aprovechamiento del consumo de hortalizas debido al aporte de vitaminas y fibra que se necesitan para poder llevar una nutrición sana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Carteles con imágenes -Fotografías -Hortalizas -Trípticos con los pasos, cuidados y beneficios de los Huertos Urbanos -Maceteros reutilizados
<p>La reutilización de envases como maceteros para el Huerto Urbano</p>	<p>La reutilización de envases de plástico es una medida de reducir los desechos sólidos que generan en los hogares, centros educativos, etc. Los huertos urbanos fomentan el reciclaje y reutilización de envases que pueden ser utilizados como maceteros o contenedores de la planta así mismo ayuda al ahorro de dinero ya que no se necesitaría adquirir nuevos maceteros. La decoración de botellas de plástico puede ser una actividad divertida, relajante y le da un plus visualmente al huerto urbano.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Botellas de plástico -Pintura -Planta -Sustrato -Tela reutilizada (para decoración) -cuchillo
<p>Elaboración de trípticos</p>	<p>Como un recurso visual que permita generar mayor interés y motivación de la audiencias a la cual se le van a dar las charlas informativos, en la propuesta se ha prevista la elaboración de trípticos informativos. Para lo cual se realizaron las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Selección del contenido -Selección del diseño -Impresión 	<ul style="list-style-type: none"> -Utilización del programa Illustrator -Impresiones

Elaborado: Torres, (2020)

CAPITULO V

5.1 Discusión

Los valores registrados en la presente investigación difieren con los valores que se determinaron en el trabajo de Kabata-Pendias & Pendias realizados en el 2001, los cuales obtuvieron concentraciones de Cd en lechuga, oscilando entre 0.66 y 3.0 mg/kg, en comparación a los datos obtenidos en la presente investigación realizada en cuatro tipos de cultivo de lechugas se estableció la siguiente distribución: Industrial (0.034 ± 0.003 mg/kg) > Orgánica (0.006 ± 0.001 mg/kg) > Huerto Urbano (0.0004 ± 0.0003 mg/kg) > Hidropónico (0.0001 ± 0.0001 mg/kg). Registrando una diferencia con el trabajo de Kabata-Pendias & Pendias cuyos valores fueron mayores a tres decimales. Por otro lado este trabajo presento concentraciones de plomo con valores de 0.139 ± 0.077 mg/kg, a comparación de Kabata-Pendias & Pendias cuyos valores de Pb fueron de 0.7 a 5.13 mg/kg. Los resultados de los autores ya mencionados superan los valores de la presente investigación en dígitos mayores a 0.6 mg/kg

En el año 2012, la Agencia Británica de Seguridad Alimentaria demostró que ciertas frutas y verduras cultivadas y comercializados en el Reino Unido contenían concentraciones de Cd, Pb, As, Cu Y Zn. En el caso específico de las hortalizas de hoja verde, grupo en el cual se encuentran las lechugas, acelgas, col y espinaca, presentaron las concentraciones más elevadas de Cd y As del estudio, llegando a la conclusión de que esto se debía a que el suelo agrícola podría estar contaminado y estos contaminantes migraban a través de toda la planta hasta depositarse en las hojas. Por otro lado, el presente estudio demostró que lechugas comercializadas en los supermercados de Guayaquil contienen metales pesados, lo que indica que varios mercados están distribuyendo alimentos contaminados hacia la población. La contaminación de estos productos se puede deber también a la contaminación de los suelos agrícolas ecuatorianos ya sea de forma natural o antropogénica, se conoce que las hortalizas son mayormente cultivadas en la sierra ecuatoriana, región que posee gran cantidad de actividad volcánica y que por ende puede liberar metales pesados, también existen estudios afirman que las concentraciones de Cd encontrado en los suelos agrícolas ecuatorianos sobrepasan los límites establecidos por la normativa nacional, presentándose en concentraciones

biodisponibles para los cultivos. (Muñoz, 2017). Las hortalizas contaminadas pueden ser comercializadas en los supermercados del Ecuador ya que no existen normativas nacionales que establezcan límites de contaminación.

En lo que respecta a acumulación de metales pesados en otro tipo de hortalizas de hoja, Hilda Jano en el 2017, descubrió concentraciones de metales pesados el cilantro y perejil en la localidad de Atlixco, México. El perejil presentó concentraciones de Pb, Cu y Cr. El cilantro obtuvo las concentraciones más altas de metales pesados, Pb, Cu y Cr. Tanto el cilantro como el perejil presentaron concentraciones de metales pesados superiores a los límites máximos permisibles que establecidos por el reglamento 488 de la Unión Europea, lo que indica que estos alimentos no son aptos para el consumo humano. Desde otra perspectiva, el presente estudio no reveló concentraciones de Cd y Pb que sobrepasen los límites máximos establecidos por la Unión Europea, siendo estos aptos para la ingesta de los seres vivos. La colonia de Atlixco posee un problema de contaminación ambiental provocado por la falta de tratamiento de aguas residuales, los ríos y afluentes al permanecer contaminados desde hace varios años, estas aguas son utilizadas para el riego agrícola, provocando la absorción de elementos contaminantes hacia las hortalizas. Si bien es cierto, las muestras de lechuga del presente estudio arrojaron concentraciones mínimas de metales pesados, las cuales pueden haber sido causadas en su mayoría por la contaminación del suelo agrícola, aun así, se encuentran dentro de los estándares de la Unión Europea, aun así, se conoce que aún en pequeñas concentraciones los metales pesados pueden ocasionar desequilibrios en la salud humana.

En la Universidad Mayor de San Marcos, en el año 2017, se elaboró un estudio por Frescia Madueño, en el cual concluyó que el Pb hallado en las hojas de *Lactuca sativa*, superaron los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud, en contraste, con el presente estudio no supera los Límites Máximos Permisibles según los reglamentos de la Unión Europea y el Codex Alimentarius. Al mismo tiempo, el estudio de Madueño, presentó valores en Cd que superaron los Límites máximos Permisibles para lechugas, versus concentraciones de cadmio inferiores en los diferentes tipos de cultivo de lechugas cultivadas y comercializadas en Ecuador. El plomo hallado en el estudio de Frescia

Madueño se debe a la deposición de polvo atmosférico contaminado por este metal pesado en el follaje de las hortalizas, mientras que, las lechugas orgánicas, hidropónicas y de huerto urbano no presentaron valores de Pb, se puede inducir que las hortalizas del presente estudio no estuvieron expuestas a grandes niveles de contaminación atmosférica y que su cosecha no fue realizada con maquinaria pesada, la cual podría liberar plomo a través del tubo de escape de los automotores (Satian, 2019).

En otro estudio realizado en el año 2016 por Cynthia Pila, sirvió de comparación para las concentraciones de plomo y cadmio encontrados en los sistemas de producción de lechuga orgánicos y convencionales del Quinche. Llegando a las siguientes conclusiones: el cultivo convencional de lechuga obtuvo concentraciones de Pb de 0.21 mg/Kg, mientras que en el presente estudio las concentraciones de Pb halladas en las lechugas industriales fueron menores por una décima. La concentración de Pb en el cultivo orgánico del estudio de la Universidad Central del Ecuador fue de 0.28 mg/kg, a diferencia del presente estudio no se registraron concentraciones de Pb en el cultivo orgánico de lechugas. Las concentraciones de Cd en el sistema de producción convencional de Pila fueron de 0.05 mg/kg versus las encontradas en este trabajo, en el cultivo industrial con un valor de 0.034 ± 0.003 mg/kg. Las concentraciones de Cd en el sistema de producción orgánico fueron 0.03 mg/kg, versus las encontradas en este trabajo las cuales resultaron ser menores, con un valor de 0.006 ± 0.001 mg/kg. Cabe recalcar que tanto las concentraciones de Pb como las de Cd hallado en ambos estudios no superaron los Límites Máximos Permisibles del Codex Alimentarius, respetando la normativa internacional. El estudio de Pila concluyó en que la contaminación de Cd de las hortalizas se debía al uso de suelo y agua contaminada, por otro lado, el presente estudio sugiere que el uso de suelos contaminados destinados a cultivos agrícolas no es el único factor contaminante de las hortalizas, ya que los 4 tipos de cultivo presentaron concentraciones de Cd, y esto es un indicio del uso de fertilizantes que poseen este metal pesado (Muñoz, 2017).

Coronel (2018) determinó las concentraciones de metales pesados de lechugas procedentes de dos ferias orgánicas del Distrito Metropolitano de Quito, las muestras analizadas en lechuga presentaron concentraciones de plomo, las

cuales no superan los niveles establecidos por el Codex Alimentarius. Las concentraciones obtenidas por Coronel, en cadmio alcanzaron valores entre de 18.77 a 0.016 mg/Kg, los cuales se comparan en el registro de la normativa internacional Codex Alimentarius revelando valores excesivamente altos los cuales sobrepasan los límites máximos permisibles, en cambio en este trabajo los valores de Cd provenientes de cultivos de lechuga orgánicos se encuentran muy por debajo del límite máximo Permisible, con un valor de 0.006 ± 0.001 mg/kg, obedeciendo a la normativa internacional. Si bien es cierto, los productos orgánicos son tratados de una forma limpia para evitar la contaminación de estos, sin embargo, ambos estudios presentan concentraciones de Cd en cultivos orgánicos, lo que puede deberse al uso de sustratos y agua de riego contaminada y el empleo de insumos orgánicos de los que se desconoce su procedencia y los componentes utilizados para su elaboración, no obstante, la presencia de Cd en cultivos también puede indicar el uso de fertilizantes, este factor sería alarmante, si tomamos en cuenta que para que un cultivo pueda ser catalogado “orgánico” no se le pueden emplear agroquímicos como lo pueden ser los fertilizantes y los plaguicidas.

Tantos los resultados de Vásquez, Sangurima & Álvarez (2019), como los resultados obtenidos en el presente estudio, específicamente en el cultivo industrial, reflejan que la lechuga es capaz de acumular Pb en sus hojas. Vásquez, Sangurima & Álvarez, al realizar una comparación de las concentraciones de Pb en cultivos a cielo abierto y bajo condiciones de invernadero, llegaron a la conclusión de que el follaje de las lechugas cultivadas a cielo abierto presentaban las concentraciones más altas del estudio (0.066mg/kg) por contaminación atmosférica. Por otra parte, las lechugas provenientes del cultivo industrial obtuvieron concentraciones más altas de Pb, concluyendo que la contaminación de Pb puede deberse al uso de automotores, los cuales liberan hacia la atmósfera hollín, el cual se ha demostrado que posee concentraciones de Pb. También se puede concluir que el cultivo de huerto urbano, a pesar de estar ubicado en una vivienda adyacente a una avenida principal, no presentó valores de Pb, esto se debe a que el huerto estaba localizado a 7 metros de altura en una terraza, dónde la emisión de los automotores no es tan dañina, a diferencia si el huerto hubiera estado ubicado al nivel de la acera.

CAPÍTULO VI

Conclusiones

Obtenidos los resultados de la presente investigación se pudo concluir lo siguiente:

- Se determinó que existe la presencia de cadmio en los diferentes cultivos de tipos de lechugas comercializadas en la Ciudad de Guayaquil.
- El patrón de clasificación que presentaron los diferentes tipos de cultivo de lechuga según la concentración de Cd fueron: Cultivo industrial (JB)>Cultivo orgánico (EC)>Cultivo de huerto urbano (SN)>Cultivo hidropónico (MC), mientras que el único cultivo que presentó concentraciones de plomo fue el cultivo industrial (JB).
- Las concentraciones de cadmio y plomo en los cuatro tipos de cultivo de lechuga no superaron los límites máximos permisibles de las normativas internacionales con las que fueron comparados, lo que indica que son aptas para el consumo humano de la población.
- Se propuso la implementación de un huerto urbano como medida para reducir la ingesta de alimentos contaminados por metales pesados, asegurar la inocuidad alimentaria y salud de las personas, creación de nuevas áreas verdes y fomentar el reciclaje.

Recomendaciones

- Para la preparación de un huerto urbano es indispensable establecer una distancia óptima entre hileras fin de evitar la propagación de plagas, las mismas que pueden llegar a afectar las hortalizas cultivadas.
- A falta de una normativa nacional, se debería establecer una ley que implante límites máximos permisibles de Pb, Cd y otros metales pesados que pueden estar presentes en los diferentes tipos de cultivos agrícolas.
- Elaborar un registro histórico basado en los estudios de determinación de metales pesados con la finalidad de establecer tendencias estadísticas de valores de cadmio y plomo presentes en alimentos.
- Sugerir capacitaciones dentro de los centros educativos, proponiendo la elaboración de un huerto urbano para obtener productos menos contaminados o el consumo de hortalizas provenientes de cultivos hidropónicos, para así evitar enfermedades relacionadas a la ingesta de metales pesados y crear una cultura basada en una nutrición sana.
- Las autoridades deben realizar monitoreos continuos con los cuales se proceda a evaluar el estado de los productos de consumo masivo, identificando los productos aptos para el consumo humano y descartando los que posean concentraciones de metales pesados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Británica de Seguridad Alimentaria. (2012). Análisis de arsénico en frutas y verduras del Reino Unido. Recuperado de: <https://seguridadalimentaria.elika.eus/analisis-de-arsenico-en-frutas-y-verduras-del-reino-unido-fsa-2012/>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry Case Studies in Environmental Medicine. (2010). Lead Toxicity. *US Department of Health and Human Services, Public Health Service*. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/lead/docs/lead.pdf>
- Alpízar, L. (2008). *Hidroponía cultivo sin tierra*, San José- Costa Rica, (1^{ra} edición) Editorial Tecnológica de Costa Rica. Disponible en: <https://editorial.tec.ac.cr/catalogo/hidroponia-cultivo-sin-tierra/>
- Azcona-Cruz, M., Ramírez, Y., Ayala, R., y Flores, G. (2015). Efectos tóxicos del plomo. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 20(1) ,72-77. [Fecha de Consulta 16 de Febrero de 2020]. ISSN: 1665-7330. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=473/47345916012>
- Basu, A., Mazumdar, I., y Goswami, K. (2013). Concentrations of lead in selected vegetables grown & marketed along major highway in kolkata (India). *The IIOAB Journal*, 4(2), 32-35. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/270578177_Concentrations_of_lead_in_selected_vegetables_grown_marketed_along_major_highway_in_Kolkata_India
- Beltrán, M. (2001). *Fitoextracción en suelos contaminados con cadmio y zinc usando especies vegetales comestibles* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana, México. Disponible en: <http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/185/Fitoextraccion%20en%20suelos%20contaminados.pdf?sequence=1>
- Beltrano, J., y Giménez, D. (2015). *Cultivo en Hidroponía* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Recuperado el 25 de febrero en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1

- Bourg, A. (1995). Speciation of heavy metals in soils and groundwater and implications for their natural and provoked mobility. *Heavy Metals-Problems and Solutions*, 1(1), 19-31. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/284621943> Speciation of Heavy Metals in Soils and Groundwater and Implications for Their Natural and Provoked Mobility
- Burriel, F., Lucena, S., Arribas, J., y Hernández, J. (2006). *Química analítica cualitativa* (18a edición), Madrid-España, Editorial Parainfo.
- Cahuasqui, S. (2011). *Determinación de metales pesados (plomo, cadmio y níquel) en el cilantro (Coriandrum sativum L.) en Aloag, cantón Mejía, provincial de Pichincha por espectrofotometría de absorción atómica de llama* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Quito-Ecuador. Recuperado en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12765/CARATULA%20DISERTACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carbonel, D. (2018). Adsorción de Cadmio, Cobre y Plomo en Bentonita, Caolín y Zeolita Naturales y Modificadas: Una Revisión de los Parámetros de Operación, Isotermas y Cinética. *Ingeniería*, 23(3), 32-47. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6595044>
- Castebianco, J. (2018). Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao. *La Granja revista de la ciencias de la vida*, 27(1), 21-35. Disponible <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4760/476054842002/html/index.html>
- Charvet, E. (2012). *Análisis comparativo de agricultura orgánica con agricultura convencional-Estudio de caso del cultivo de Brócoli* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador. Recuperado el 29 de febrero de 2020 Disponible: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/5180/T-PUCE-5406.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comité Nacional para la minimización de Cadmio. (2003). Managing Cadmium in Vegetables, *VEGENotes*. Recuperado el 2 de marzo de 2020, disponible en: <http://www.cadmium-management.org.au/documents/Vegenotes.pdf>
- Coronel, E. (2018). *Determinación de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) en hortalizas de consumo directo producidas orgánicamente* (Tesis de

- grado). Universidad central del Ecuador, Quito-Ecuador. Recuperado el 29 de febrero de 2020, disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14566>
- Diputación de Alicante. (2016). Huertos sostenibles en casa, Alicante Natura. Disponible en: <https://web.ua.es/es/ecocampus/documentos/consejos-ambientales/huertos-sostenibles.pdf>
- Eman, A. y Gordon, F. (2011). Heavy Metal Poisoning and Cardiovascular Disease. *Journal of Toxicology*, 2011(1), 1–21. Recuperado desde: <https://scihub.tw/10.1155/2011/870125>
- FAO. (1999). La agricultura orgánica. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 29 de febrero de 2020, disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/9901sp3.htm>
- FAO. (2003). La horticultura y la fruticultura en el Ecuador. Disponible en: <https://studylib.es/doc/346142/la-horticultura-y-la-fruticultura-en-el-ecuador>
- FAO. (2011 a). Manual Técnico producción artesanal de semillas de hortalizas para la huerta familiar. p. 8, recuperado el 28 de febrero de 2020 disponible: <http://www.fao.org/3/i2029s/i2029s.pdf>
- FAO. (2011 b). Producción de Hortalizas. Equipo técnico del componente agrícola del proyecto “Ayuda Humanitaria de Asistencia y Recuperación para comunidades afectas por la sequía en el Chaco”, Bolivia. Recuperado el 26 de enero de 2020 disponible: <http://www.fao.org/3/a-as972s.pdf>
- FAO. (2019). Agricultura Urbana. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, recuperado el 26 de enero de 2020, disponible en: <http://www.fao.org/urban-agriculture/es/>
- Gaviola, J., y Granval, N. (1991). Manual de producción de semillas hortícolas. Asociación Cooperadora de la Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible: <https://inta.gob.ar/documentos/manual-de-produccion-de-semillas-hortícolas.-lechuga>
- Gliessman, S. (2002). AGROECOLOGÍA, procesos ecológicos en agricultura sostenible, LITOCAT, Turrialba, Costa Rica. Recuperado el 26 de diciembre de 2019, disponible: <https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/agroecologia-procesos-ecol3b3gicos-en-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf>

- Hamilton, E. (1995). State of the art of trace element determinations in plant matrices: Determination of the chemical elements in plant matrices, and overview. *Science of the Total Environment*, 176(3), 3-14. Recuperado desde: [https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04825-1](https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04825-1)
- Hanna Instruments. (1999). Soil Test Handbook, Soil Science and Management, H3896. Recuperado el 2 de marzo de 2020, disponible en: <http://www.hannacan.com/PDF/manHI3896.pdf>
- Hernández, L. (2006). La agricultura urbana y caracterización de sus sistemas productivos y sociales, como vía para la seguridad alimentaria en nuestras ciudades. *Revista cultivos tropicales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 27(2), 1-14. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215872002.pdf>
- Herrera, C. (2017). Horticultura como medio de intervención: una mirada ecológica desde la terapia ocupacional. *Revista chilena de terapia ocupacional*. 17(2), 169-174. Recuperado el 25 de febrero de 2020 de: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjq_avS5e3nAhUPPK0KHQ_VDUYQFjAAegQIBRAB&url=https%3A%2F%2Frevistas.uchile.cl%2Findex.php%2FRTO%2Farticle%2Fdownload%2F48143%2F50767%2F&usq=AOvVaw0tOsNbR69L_5EQvMXfq7
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B., y Beeregowda, K. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60-67. Recuperado el 26 de enero de 2020, disponible: <https://content.sciendo.com/view/journals/intox/7/2/article-p60.xml?lang=en>
- Jano, H. (2017). *Concentración de metales pesados en hortalizas de la localidad de Atlixco y su posible riesgo en la salud humana* (Tesis de maestría). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/544/689517T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Japón Quintero, J. (1977). La Lechuga. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado el 22 de febrero de 2020: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf

- Kabata-Pendias, A. (2004). Soil-plant transfer of trace elements-an environmental issue. *Geoderma*, 122(4), 143-149. Recuperado de: <https://scihub.tw/https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.004>
- Kabata-Pendias, A y Pendias, H. (2001). Trace Elements in soils and plants. 3. ed. Boca Raton, CRC Press, 170-232. Recuperado el 1 de marzo de 2020. Disponible en: <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Soil/Trace-Elements-in-Soils-and-Plants.pdf>
- Ladrón de Guevara, V., Quiroz, R., Acosta, J., Pimentel, L., y Quiñones, E. (2004). Hortalizas, las llaves de la energía. *Revista Digital Universitaria*, 5(7), 2-30. Recuperado el 22 de febrero de 2020 http://www.revista.unam.mx/vol.6/num9/art88/sep_art88.pdf
- Leguizamón, E. (2018). Historia de la Horticultura. Ediciones Instituto Nacional de tecnología agropecuaria (INTA), Argentina. Disponible: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_asaho_historia_horticultura.pdf
- Londoño, L., Londoño-Muñoz, P., y Muñoz-García, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. Recuperado el 14 de febrero de 2020, disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
- Madueño, F. (2017). *Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (Lactuca sativa) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana* (Tesis de grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú. Recuperado el 26 de enero de 2020, disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/7349>
- Mañay, N., Clavijo, G., y Díaz, L. (2009). *IBEROARSEN: Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos*, (1a edición). Buenos Aires – Argentina. Recuperado el 1 de marzo de 2020, disponible en: <http://riquim.fq.edu.uy/archive/files/02ba23e6cc083af03bfc55ac63a98a0c>
- Martínez, K., Souza, V., Bucio, L., Gómez, L., y Gutiérrez, M. (2013) Cadmio: Efectos sobre la salud. Respuesta celular y molecular. *Acta Toxicológica Argentina*, 21(1), 32-48. Disponible en: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/ata/article/view/2950>

- Miranda, D., Carranza, C., Rojas, C., Jerez, C., Fischer, G., y Zurita, J. (2008). Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 2(2), 180-191. Disponible: https://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1186
- Morais, S., Costa, F., y Pereira, M. (2012). Heavy Metals and Human Health, *Environmental health-emerging issues and practice*, 10(1), 227-245. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/221923928_Heavy_Metals_and_Human_Health
- Muñoz, J. (2017). *Determinación de Cadmio en fertilizantes, plantas de Oryza sativa L. y suelos de la provincia del Guayas: Propuesta de saneamiento* (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17569/1/TESIS%20JORGE%20MU%C3%91OZ%202017.pdf>
- Núñez, A., Martínez, S., Moreno, S., Cárdenas, M., García, G., Hernández, J., Rodríguez, A., y Castillo, I. (2008). *Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio, y níquel) en rábano (Raphanus sativus L.), brócoli (Brassica oleracea L. var. Italica) y calabacín (Cucurbita pepo L. var. Italica)* (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Nuevo León- México, disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:WJYpSNhGwVkJ:respyn2.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008/documentos/A004.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>
- Olivares, S., García, D., Lima, L., Saborit, I., LLizo, A. y Pérez, P. (2013). Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, Cuba. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(4). Recuperado desde: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000400006
- Organización Mundial de la Salud. (2019). Intoxicación por plomo y salud. Organización Mundial de la salud. Disponible en

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.

- Oviedo, R., Moina, E., Naranjo, J., y Barcos, M. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Revista Bionatura supports the Sustainable Development Goals*, 2(4), 437-441. Disponible en: <https://www.revistabionatura.com/files/2017.02.04.5.pdf>
- Pereira, B., Rozane, D., Araújo, S., Barth, G., Queiroz, R., Nogueira, T., Moraes, M., Cabral, C., Boaretto, A., y Malavolta, E. (2011). Cadmium availability and accumulation by lettuce and rice. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(2), 645-654. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200033>
- Pérez, P. y Azcona, M. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de especialidades médico-quirúrgicas*. 17(3), 199-205. Recuperado desde: <https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
- Peris, M. (2006). *Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón* (Tesis Doctoral). Universidad de Valencia, España. Disponible en: <http://roderic.uv.es/handle/10550/15104>
- Pila, C. (2016). *Determinación de la presencia de plomo y cadmio en dos hortalizas lechuga (Lactuca sativa) y zanahoria (Daucus carota) en el Quinche* (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador, Quito. Recuperado el 15 de enero de 2020, disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10069>
- Poma, Pedro A. (2008). Intoxicación por plomo en humanos. *Anales de la Facultad de Medicina*, 69(2), 120-126. Recuperado en 25 de enero de 2020 de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000200011&lng=es&tlng=es.
- Pozo, W., Sanfeliu, T., y Carrera, G. (2011). Metales pesados en humedales de arroz en la cuenca baja del río Guayas. *Revista Semestral de la DIUC*, 2(1), 17-30. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5383/1/MASKANA%20si5938%20%282%29.pdf>
- Prieto Martínez, M. (2011). *Determinación de metales pesados en hortalizas distribuidas en plazas de mercado, centros de abasto e hipermercados de la ciudad de Bogotá D.C* (Tesis de maestría). Universidad para la Cooperación Internacional, San José -Costa Rica. Recuperado el 13 de noviembre de

- 2019, disponible en: <https://docplayer.es/17307846-Universidad-para-la-cooperacion-internacional-uci.html>
- Prieto Méndez, J., González, C., Román, D., y Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-31. [Fecha de Consulta 25 de Enero de 2020]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=939/93911243003>
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., y González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista ingeniería, investigación y desarrollo*, 16(2), 67-68. Recuperado el 26 de enero de 2020: Disponible <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
- Rodríguez, M., Martínez, N., Romero, M., Del Río, L. y Sandalio, L. (2008). Toxicidad del Cadmio en plantas. Ecosistemas, *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 17(3), 140-153. Recuperado el 2 de marzo de 2020, disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/16362081.pdf>
- Saavedra, G. (2017). Manual de producción de lechuga. Instituto de investigaciones agropecuarias (INIA), Chile, Boletín # 9. Recuperado el 22 de febrero en: <http://www.inia.cl/wpcontent/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>
- Salas, C., Garduño, M., Mendiola, P., Vences, J., Zetina, V., Martínez, O., y Ramos, M. (2019). Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 20(1), 1-16. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81359562002>
- Satian, D. (2019). *Determinación de plomo y cadmio en el hollín impregnado en aceras y bordillos de las estaciones de la metrovía* (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39721/1/TESIS%20SATIAN%202019.pdf>
- Shugulí, O. (2018). *Determinación de metales pesados y pérdidas poscosecha en dos hortalizas de consumo directo: brócoli (Brassica oleracea itálica) y cebolla blanca (Allium fistulosum)* (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador, Quito. Disponible en:

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14587/1/T-UCE-0004-A65-2018.pdf>

Singh, R., Kumar, N., Tiwari, J., y Pathak, J. (2018). Review on sources and effect of heavy metal in soil: its bioremediation. *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences*, 6(1), 1-22. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/327551253_REVIEW_ON_SOURCES_AND_EFFECT_OF_HEAVY_METAL_IN_SOIL_ITS_BIOREMEDIATION

Socarrás, M., y Bolet, M. (2010). Alimentación saludable y nutrición en las enfermedades cardiovasculares. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 29(3), 353-363. Recuperado en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v29n3/ibi06310.pdf>

Tóth, T., Kopernická, M., y Stanovič, R. (2014). Content of mercury and lead in leaves of spinach (*Spinacia oleracea*). *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 3(3), 298-299. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/269535742_CONTENT_OF_MERCURY_AND_LEAD_IN_LEAVES_OF_SPINACH_SPINACIA_OLERACEA

Vásconez, M. (2012). *Validación del método de espectrofotometría de absorción atómica electrotermica para la determinación de cobre y vanadio en aguas limpias y residuales* (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador, Quito. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1198/1/T-UCE-0008-05.pdf>

Vásquez, J., Sangurima, C., y Álvarez, M. (2019). Concentraciones de plomo (Pb) en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) en Azuay, Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 10(3), 423-427. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/336538221_Lead_Pb_concentrations_in_lettuce_crops_Lactuca_sativa_in_Azuay_Ecuador

Weiping, C., Lianqing, L., Chang, A., Bottoms, R., Soon-ik, K., y Laosheng, W. (2009). Cadmium uptake by lettuce in fields treated with cadmium-spiked phosphorus fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(7), 124-137. Recuperado de: <https://scihub.tw/10.1080/00103620902753871>

ANEXOS



Anexo 1 Cascarilla de arroz



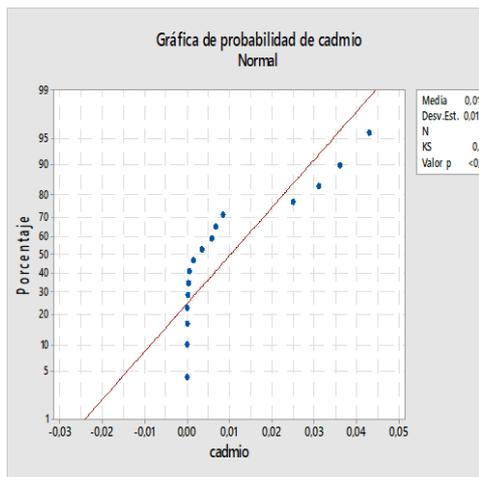
Anexo 2 Humus orgánico



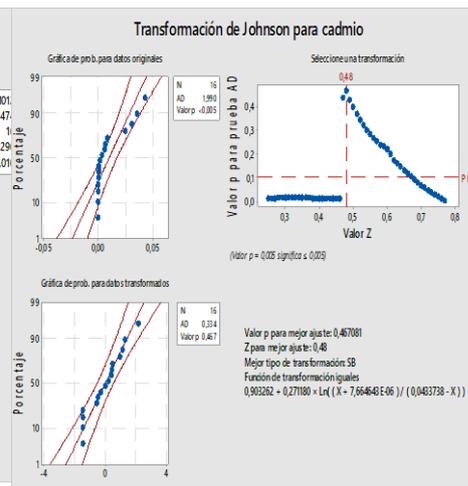
Anexo 3 Lechuga a los 20 días de plantada



Anexo 4 Lactuca sativa



Anexo 5 Gráfica de probabilidad de cadmio



Anexo 6 Transformación de Johnson

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	Ajust.	MC	Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo	3	14,865		4,9549		16,70	0,000
Error	12	3,560		0,2966			
Total	15	18,424					

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,544656	80,68%	75,85%	65,65%

Medias

Tipo	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Hidropónica	4	-0,931	0,596	(-1,524; -0,338)
Huerto	4	-0,829	0,728	(-1,422; -0,235)
Industrial	4	1,416	0,535	(0,822; 2,009)
Orgánica	4	0,3991	0,1196	(-0,1942; 0,9925)

Desv.Est. agrupada = 0,544656

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 9

Tipo	N	Media	Agrupación
Industrial	4	1,416	A
Orgánica	4	0,3991	A
Huerto	4	-0,829	B
Hidropónica	4	-0,931	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferente

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Anexo 7 Análisis de Varianza

Anexo 8 Comparación en pareja de Turkey



Anexo 9 Compra de lechugas industriales, orgánicas e hidropónicas



Anexo 10 Entrega de muestras al laboratorio