



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA



CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Determinación de la concentración de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en la lechuga (*Lactuca sativa*) que se cultiva en la parroquia Presidente Urbina del cantón Píllaro

Trabajo de Titulación, Modalidad: Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: María Fernanda Lasluiza Quishpe

Tutor: PhD. Liliana Alexandra Cerda Mejía

Ambato – Ecuador

Marzo 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía

CERTIFICA

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 09 de Diciembre del 2021

Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía

C.I. 1804148086

TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, María Fernanda Lasluiza Quishpe, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



María Fernanda Lasluiza Quishpe

C.I. 1804373460

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Presidente del Tribunal

Dr. Esteban Mauricio Fuentes Pérez

CI: 1803321502

Dr. Santiago Esmiro Cadena Carrera

CI: 1715602593

Ambato, 18 de Febrero del 2022

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él, como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



María Fernanda Lasluiza Quishpe

C.I. 1804373460

AUTORA

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación lo dedico a Dios, quien me concedió sabiduría y ha guiado mi camino para culminar mi carrera universitaria.

A mi madre, quien ha sido mi motor, soporte y refugio en los buenos y malos momentos de mi vida. Su paciencia, amor y apoyo ha sido fundamental durante todo este proceso.

A mis hermanos, en especial a Santiago por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, valentía, perseverancia y brindarme su apoyo incondicional

A mi ahijada Dulce María; a mi familia y amigos por su apoyo, cariño y amistad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, salud y fortaleza que me ha dado para lograr y culminar esta meta.

A mi familia, gracias por el apoyo incondicional y por ser mi motivación de salir adelante.

A mis amigos con los que he compartido momentos de alegría y tristeza, con quienes nos hemos esforzado y dedicado en cada nivel y así cumplir nuestros sueños.

A mi tutora Dra. Liliana Cerda por su paciencia y esfuerzo, por brindarme sus orientaciones para lograr terminar con éxito este proyecto de investigación.

Finalmente, a los docentes de la carrera Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato por su formación académica y personal, quienes con sus enseñanzas han enriquecido nuestros conocimientos.

ÍNDICE GENERAL DEL CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DEL CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE ECUACIONES	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPITULO I.....	1
MARCO TEORICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. Hortalizas	2
1.1.2. Lechuga.....	2
1.1.3. Contaminantes en el alimento	3
1.1.4. Metales pesados	5
1.1.5. Normativa ecuatoriana	11
1.2. Objetivos	12
1.2.1. Objetivo General.....	12
1.2.2. Objetivos Específicos	12
CAPITULO II	14

METODOLOGÍA	14
2.1. Materiales y método	14
2.1.1. Materiales	14
2.1.2. Método	14
2.2. Modalidad de revisión bibliográfica.....	17
2.3. Recolección de datos	18
2.3.1. Encuesta	18
2.3.2. Validación de encuesta.....	18
2.3.3. Determinación de la población y muestra.....	19
CAPITULO III.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
3.1. Análisis y discusión de los resultados	20
3.1.1. Análisis de resultados de metales pesados en lechuga.....	20
3.1.2. Análisis de resultados de metales pesados en agua de regadío y suelo	21
3.1.3. Análisis bibliográfico	23
3.1.4. Análisis de los resultados de la encuesta.....	24
CAPITULO IV.....	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
4.1. Conclusiones	31
4.2. Recomendaciones	32
BIBLIOGRAFÍA	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa cobertura del suelo de la parroquia Presidente Urbina	15
Figura 2. Cultivos seleccionados para la toma de la muestra compuesta (A-E) en diferentes partes de la parroquia Presidente Urbina.....	15
Figura 3. ¿Con qué frecuencia consume usted lechuga?.....	24
Figura 4. ¿De qué manera consume usted lechuga?.....	25
Figura 5. ¿Usted brinda un proceso de desinfección adecuada a la lechuga antes de su consumo?	26
Figura 6. ¿Sabe usted cuales son los metales pesados?.....	26
Figura 7. ¿Sabe usted que, a causa de los procesos industriales, residuos de la minería y uso de fertilizantes han aumentado la exposición y biodisponibilidad de metales pesados en suelos, agua y aire?.....	27
Figura 8. ¿Cree usted que los metales pesados se pueden encontrar en alimentos?	27
Figura 9. ¿Cree usted que los metales pesados pueden ocasionar problemas en la salud?	28
Figura 10. ¿Sabía usted que las hojas de lechuga son capaces de absorber y acumular metales pesados presentes en el suelo y agua de regadío?.....	28
Figura 11. ¿Cree usted que en el país existe normativas que establecen los límites máximos permisibles de metales pesados en lechuga?	29
Figura 12. (A) ¿Usted considera importante que los agricultores sean informados sobre este posible problema y así brindar productos de calidad?; (B) ¿Cree usted que se debe ofrecer más información sobre los alimentos contaminados con metales pesados?; (C) ¿Usted considera este tema importante?	30

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Alfa de Cronbach.....	18
--	----

Ecuación 2.	Tamaño de la muestra.....	19
--------------------	---------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valor nutricional de la lechuga.....	3
Tabla 2	Impacto, actividad y nivel de contaminación de la parroquia Presidente Urbina	4
Tabla 3	Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola.....	11
Tabla 4	Criterios de Calidad de Suelo	11
Tabla 5	Límites máximos permisibles de metales pesados en hortalizas de hoja	12
Tabla 6	Resultados para análisis de metales pesados en lechuga	21
Tabla 7	Resultados para análisis de metales pesados en agua de regadío	22
Tabla 8	Resultados para análisis de metales pesados en suelo	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Cálculo del tamaño de la muestra	38
Anexo 2.	Formato encuesta	38
Anexo 3.	Instrumento de validación de la encuesta.....	40
Anexo 4.	Cálculo del Alfa de Cronbach	41
Anexo 5.	Resultados de análisis de metales pesados en lechuga.....	42
Anexo 6.	Resultados de análisis de metales pesados en agua de regadío.....	43
Anexo 7.	Resultados de análisis de metales pesados en suelo	44

RESUMEN

La lechuga es una hortaliza de uso frecuente en la dieta debido a su bajo aporte calórico y rico tanto en vitaminas como en minerales. La contaminación del medio ambiente ha incrementado en los últimos años a consecuencia de las actividades antropogénicas, siendo los de mayor interés el agua de regadío y suelo donde son cultivadas, ya que se ha encontrado metales pesados como el cadmio, plomo y cromo, los mismos que son considerados como tóxicos y por ende afecta a la salud de la población cuando lo ingiere por medio de alimentos contaminados con concentraciones elevadas. Esta investigación determinó la presencia de cadmio, plomo y cromo en muestras compuestas de lechuga, agua de regadío y suelo agrícola recolectadas en la parroquia Presidente Urbina del cantón Píllaro perteneciente a la provincia de Tungurahua, a través del método de espectrofotometría de absorción atómica. Las tres muestras fueron comparadas con normativas nacionales e internacionales, como resultado se encontró que en las muestras analizadas se tienen concentraciones bajo el límite máximo permisible para cadmio, plomo y cromo. Por lo tanto, los cultivos de la parroquia Presidente Urbina están exentos de contaminantes por metales pesados, garantizando así la salud de sus consumidores.

Palabras claves: Metales pesados, seguridad alimentaria, salud pública, inocuidad alimentaria, hortalizas, lechuga.

ABSTRACT

Lettuce is a vegetable frequently used in the diet due to its low caloric value and is rich in vitamins and minerals. Environmental contamination has increased in recent years because of anthropogenic activities, being the most interesting the irrigation water and soil where they are grown because they have presented heavy metals such as cadmium, lead, and chromium, which are considered toxic and therefore it affects the health of the population when they ingest it through contaminated food with high concentrations. This research determined the presence of cadmium, lead, and chromium in samples composed of lettuce, irrigation water, and agricultural soil collected in the Presidente Urbina parish of the Pillaro canton belonging to the province of Tungurahua, through the atomic absorption spectrophotometry method. The three samples were compared with national and international standards, as a result, it was found that the analyzed samples have concentrations below the maximum permissible limit for cadmium, lead, and chromium. Therefore, the crops of the Presidente Urbina parish are free of heavy metal contaminants, this is guaranteeing the health of these consumers.

Keywords: Heavy metals, food safety, public health, vegetables, lettuce.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1. Antecedentes investigativos

La lechuga (*Lactuca sativa*) pertenece al grupo de las hortalizas, siendo un alimento de gran consumo debido a que contiene pocas calorías, hidratos de carbono, proteínas y grasas, y por ser una fuente rica en fibra, vitaminas (A, E, C) y minerales como el calcio. Este vegetal es uno de los más utilizados en la dieta cotidiana, generalmente de forma cruda para conservar mejor sus propiedades nutricionales, sin embargo se puede utilizar para preparar cremas, sopas o salteados (**Valdivia & Almanza, 2016**).

En Ecuador, en el año 2013 se determinó que la frecuencia de ingesta de lechuga es de 1 a 3 veces por semana, se estima que es una hortaliza de uso común en el país por ser un alimento de bajo precio, fácil acceso y preparación para las cocinas ecuatorianas (**Calderón, 2013**).

Escobar (2016) afirma que las actividades agrícolas en el país no cuentan con un control riguroso, por lo que los agricultores hacen uso de pesticidas y fertilizantes, de una forma indiscriminada, contaminando el suelo con metales pesados, poniendo en riesgo a los productores y a los consumidores. No obstante, es importante considerar que en las últimas décadas las actividades antropogénicas han incrementado y con ellas la contaminación del medio ambiente con metales pesados. Por lo tanto, los metales pesados al no ser biodegradables podrían acumularse en el suelo y agua, pudiendo afectar la calidad de los cultivos y provocando efectos toxicológicos progresivos si llegan a ser consumidos en altas concentraciones (**Vázquez et al., 2019**).

1.1.1. Hortalizas

Las hortalizas son plantas herbáceas que son cultivadas en huertas, estas pueden ser consumidas en forma fresca o preparadas (**Coronel, 2018**). También son consideradas importantes en la dieta, ya que la mayoría son ricas en caroteno, vitamina C y B, contienen cantidades importantes de calcio, hierro y otros minerales, por lo general, suministran pequeñas cantidades de energía y proteína (**FAO, 2018**).

1.1.2. Lechuga

La lechuga es una de las hortalizas de hoja verde más populares por los consumidores, que por lo general la consumen de forma cruda para así mantener su textura ligeramente crujiente, sabor suave y refrescante. Este alimento es bajo en calorías, ya que aporta 17 kcal por 100 gramos y su principal componente es el agua que supone un 95% de su peso (**Sánchez, 2021**).

Entre los principales componentes de la lechuga se encuentran; los betacarotenos, los cuales tienen la capacidad de ser transformados por el organismo en vitamina A; vitaminas antioxidantes como la C y E; ácido fólico; minerales y fibra. Las hojas poseen un principio activo (lactucina) con propiedades tranquilizantes que alivian la ansiedad o estrés (**InfoAlimenta, 2018**).

Se ha establecido que, en Ecuador las zonas más representativas donde se cultiva lechuga son las provincias de: Tungurahua, Azuay, Chimborazo, Pichincha y Loja debido a que estas zonas cuentan con las temperaturas (15 – 20°C) aptas para su producción (**Salinas, 2013**).

1.1.2.1. Valor nutricional de lechuga (*Lactuca sativa*).

La lechuga es una hortaliza que aporta nutricionalmente por su alto contenido de minerales y vitaminas; y bajo aporte calórico. En la Tabla 1, se puede observar la composición nutricional de la lechuga por cada 100 gramos en materia seca.

Tabla 1 Valor nutricional de la lechuga

Valor nutricional	
Energía	17 kcal
Agua	95 mL
Proteína	1,5 g
Hidratos de carbono	1,4 g
Fibra	1,5 g
Grasas	0,6 g
Calcio	35 mg
Hierro	1,0 mg
Iodo	0,2 ug
Magnesio	6,0 mg
Zinc	0,23 mg
Sodio	10,0 mg
Potasio	240 mg
Fosforo	30 mg
Vitamina A	29 (ug Eq retinol)
Beta-caroteno	172 ug
Vitamina B1	0,06 mg
Vitamina B2	0,07 mg
Vitamina C	12 mg
Vitamina E	0,5 mg
Niacina	0,7 ug
Folatos	34 ug

Fuente: Madueño (2017)

1.1.3. Contaminantes en el alimento

Mantener la calidad e inocuidad en los alimentos es indispensable para garantizar el bienestar y salud de los consumidores. Sin embargo, estos pueden ser contaminados por metales, plaguicidas y residuos de fármacos de uso veterinario, así como por contaminantes orgánicos, radionucleidos y micotoxinas (IAEA, 2020).

En la parroquia Presidente Urbina perteneciente al cantón Píllaro existe diversos factores que podrían alterar el impacto y niveles de contaminación en el entorno ambiental (Tabla 2). En el año 2014, la junta parroquial elaboró un listado de los impactos ambientales categorizando a cada una según su nivel de afección (baja, media y alta) para cada recurso lo que provocaría posteriormente efectos adversos en el hombre, en los animales y cultivos siendo este último el principal interés de la presente investigación.

Tabla 2 *Impacto, actividad y nivel de contaminación de la parroquia Presidente Urbina*

Recurso	Impacto	Actividad	Nivel de afectación
Agua	Contaminación por aguas servidas	Antrópica	Alta
	Contaminación por lácteos	Antrópica	Alta
	Contaminación por lubricantes	Antrópica	Medio
	Contaminación por agroquímicos	Agropecuaria	Media
	Contaminación por desechos sólidos	Domiciliaria	Media
	Contaminación por pastoreo	Agropecuaria	Media
Aire	Contaminación por fuentes móviles	Movilización	Baja
	Contaminación por aguas servidas	Antrópica	Baja
	Contaminación por desechos sólidos	Domiciliaria	Baja
	Contaminación por plántulas avícolas	Agropecuaria	Alta
	Contaminación por invernaderos	Agropecuaria	Media
Suelo	Contaminación por lubricantes	Antrópica	Medio
	Sobreexplotación agrícola	Agropecuaria	Alta
	Contaminación por agroquímicos	Agropecuaria	Alta
	Contaminación por desechos sólidos	Domiciliaria	Alta

Fuente: GAD Presidente Urbina (2014).

1.1.4. Metales pesados

Los metales pesados son aquellos elementos que presentan en su forma elemental una densidad alta (mayor a 5 g/cm³), o cuyo número atómico sea superior a 20. Estos son considerados como contaminantes, principalmente por la descarga de desechos metálicos al ambiente, proveniente de las actividades industriales (Torres, 2020).

El incremento de las actividades antropogénicas en los últimos años ha originado contaminación, siendo de mayor interés de estudio el suelo agrícola, agua de riego y en las plantas de consumo humano. En el suelo existe una mayor distribución pues los metales quedan retenidos cuando actúan como iones libres. En cuanto al agua de riego, existe una contaminación al interactuar con agua servidas que no han sido sometidas a un tratamiento adecuado. (Madueño, 2017).

Las plantas que tienen la capacidad de absorber los metales pesados dependiendo de la disponibilidad de los mismos en el suelo, generan el primer paso a la entrada de estos contaminantes en la cadena alimentaria, representando un riesgo para la salud de los consumidores en caso de que los alimentos presenten concentraciones altas de estos elementos (Madueño, 2017).

Reyes et al. (2016) analizaron la presencia de metales pesados como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa. Además, establecen que metales como el cadmio (Cd), cobalto (Co) y selenio (Se) encontrados en las hortalizas no afectan a la planta, pero si son de mayor riesgo para el ser humano. Por esta razón, en esta investigación los metales de interés serán: cadmio (Cd), plomo (Pb) y cromo (Cr) para el análisis en la muestra de lechuga.

1.1.4.1. Cadmio.

El cadmio de símbolo Cd, número atómico 48, color blanco ligeramente azulado y maleable. Es un elemento metálico considerado como no esencial y poco abundante en la corteza terrestre, que a bajas concentraciones puede ser tóxico para todos los organismos vivos (Ramírez, 2002). Este metal es utilizado en pinturas, plásticos,

abonos, soldaduras, pigmentos, reactores nucleares, fotografía, vidrio y porcelana. De ahí, que la exposición de cadmio en el ambiente ha aumentado como consecuencia de la actividad industrial como por ejemplo la fabricación de baterías, la quema de combustibles fósiles, la generación de polvos en la fabricación de cemento y fertilizantes fosfatados, estas actividades han ido afectado de forma progresiva al ecosistema (**Torres, 2020**).

El cadmio es perjudicial aun en concentraciones pequeñas de modo que el cuerpo humano no necesita de este elemento para sus funciones vitales. La principal fuente de contaminación con cadmio en las personas es por la ingesta de vegetales, por ende, las personas que tienen una dieta vegetariana son más propensas a la acumulación del elemento en el organismo, puesto que los alimentos como cereales, vegetales y papas tiene una mayor exposición (**Madueño, 2017**).

El cadmio puede ingresar al cuerpo por vía oral a través de la ingesta de productos contaminados, la persona afectada presenta síntomas como náuseas, vómitos, dolores abdominales, cefalea e incluso diarrea intensa con colapso. Por lo tanto, puede provocar daños muy severos en los tejidos y órganos como el hígado, riñón, pulmón, testículos y huesos (**Torres, 2020**).

1.1.4.1.1. Fuentes de contaminación.

El cadmio en el medio ambiente proviene de fuentes naturales como la actividad volcánica, la cual aporta grandes cantidades de cadmio a la atmósfera, dispersándose en el medio gracias al viento y el desgaste geológico debido a la descomposición del suelo (**Rodríguez et al., 2008**).

Las fuentes antropogénicas de cadmio están relacionadas con las emisiones de las minas metalúrgicas del Pb, Zn y Cu, las incineradoras municipales, emisiones pigmentos para cristales, anticorrosivos, baterías e insecticidas. En los suelos agrícolas la principal fuente de contaminación es por el uso de fertilizantes fosfatados. En cambio, en el agua de riego a causa de los fangos procedentes de aguas residuales (**Sánchez, 2016**).

Rodríguez et al. (2008) afirman que las fuentes naturales que contaminan con cadmio al ecosistema son insignificantes en contraste a las actividades humanas.

1.1.4.1.2. Efectos de la presencia de cadmio en la salud humana.

La población está expuesta al cadmio a través de la contaminación del aire, agua, suelos, alimentos y el tabaco, siendo la dieta la principal fuente de exposición al cadmio para no fumadores. Se han determinado altas concentraciones de cadmio en vegetales de hoja verde, papas y hortalizas de raíz como la zanahoria, y se estima que más de 80% de la ingesta del metal procede de este tipo de alimentos (**Sánchez, 2016**).

La absorción en el tracto digestivo para el cadmio es aproximadamente del 5 % del total ingerido, esto depende de factores como la ingesta de proteínas o la presencia de vitamina D. Una absorción entre el 10 y 20% se presenta en personas con dietas pobres en calcio o proteínas, o bien con déficit de hierro (**Sánchez, 2016**).

Ingerir alimentos con niveles muy altos de cadmio puede ocasionar irritación grave del estómago, vómitos y diarrea, pudiendo causar la muerte en algunas ocasiones (**ATSDR, 2012**).

1.1.4.1.3. Tratamiento.

El tratamiento para personas con intoxicación por cadmio consiste en retirar el metal acumulado de los órganos afectados con la utilización de quelantes como el ácido etilen diaminotetraacético calcio disódico, su administración es por vía endovenosa de hasta 6 días a una dosis de 75 mg/kg/día o succimero (DMSA), por 14 días a una dosis de 10 mg/kg por vía oral (**Madueño, 2017**).

1.1.4.2. Plomo.

El plomo de símbolo Pb, de número atómico 82, de color azulado y que se funde con gran facilidad. Es un elemento metálico considerado como no esencial, altamente tóxico para el ser humano y se encuentra en la corteza terrestre de forma natural (**Torres, 2020**).

Este metal es empleado en la producción de elementos piezoeléctricos, pegamentos, vidrios y esmaltes. Es así que es considerado como contaminante a consecuencia de los residuos y subproductos generados por la industria metalúrgica, química, farmacéutica y petroquímica (**Torres, 2020**).

En las hortalizas, se ha determinado que las raíces absorben plomo del suelo mientras que las hojas y frutos muestran plomo debido al polvo atmosférico. Estas partículas se quedan retenidas en la superficie de las plantas resultando dificultosas de eliminar con el lavado. El plomo al ser ingerido o inhalado a grandes concentraciones ocasiona en las personas astringencia, sed, sabor metálico, náusea, vómito, dolor abdominal intenso, diarrea o estreñimiento, dolor y debilidad muscular; afectando al sistema nervioso y cardiovascular (**Córdova, 2019**).

1.1.4.2.1. Fuentes de contaminación.

El plomo en forma natural no es considerado como contaminante, ya que se encuentra en la naturaleza formando parte de otros compuestos como los haluros, óxidos, sulfuros, sulfatos y carbonatos de plomo las cuales son liberados al ambiente en forma de gases, vapores o partículas sólidas. Al contrario de las fuentes antropogénicas, debido a que las actividades humanas han incrementado con el tiempo como por ejemplo la producción de baterías, plástico, pinturas, gasolina y esmaltes (**Vélez et al., 2010**).

En los alimentos como las hortalizas se ha establecido que las principales fuentes de contaminación son el agua de regadío debido a que se contamina por desechos industriales, mineros o residuos de fertilizantes y el suelo agrícola al encontrarse cerca de alguna vía donde exista congestionamiento de vehículos (**Áviles, 2016**).

1.1.4.2.2. Efectos de la presencia de plomo en la salud humana.

Salas et al. (2019) mencionan que cuando el plomo es inhalado, ingerido o absorbido puede afectar diferentes sistemas, dependiendo la concentración que la persona este expuesta. El sistema renal es afectado cuando existe una exposición a corto plazo de $>30 \mu\text{g/dL}$, provocando alteraciones en la función tubular proximal y una exposición a largo plazo ocasionaría nefropatía crónica, disminución de la

función renal y la disminución en la excreción del ácido úrico. El sistema cardiovascular se ve afectado en un nivel mínimo cuando la exposición es baja (<30 µg/dL), sin embargo, a niveles elevados la hipertensión arterial aumenta. Por otro lado, el plomo en la sangre disminuye la producción de hemoglobina ocasionando anemia, por último, el metal afecta la fibra del musculo liso intestinal, lo que genera espasmos intestinales y dolor abdominal intenso provocado por la rigidez de los músculos abdominales en la región del ombligo **(Rodríguez et al., 2016)**.

1.1.4.2.3. Tratamiento.

Para disminuir la exposición de plomo se puede implementar una dieta nutricional y mejorar hábitos de higiene, cuando existe una concentración del metal en la sangre menor a 45 µg/dL. Pero cuando existe una concentración mayor a 45 µg/dL se debe tratar al paciente a través de la quelatoterapia, la cual utiliza sustancias como edetato cálcico, disódico, dimercaprol o penicilina para eliminarlo por de la bilis y orina dependiendo la concentración presente en la sangre y la edad del paciente **(Fontana et al., 2013)**.

1.1.4.3. Cromo.

El cromo de símbolo Cr, de número atómico 24 y de color blanco. Es un elemento que en su estado de oxidación trivalente es esencial tanto en humanos como en animales debido a que tiene efectos benéficos sobre la función biológica como en el metabolismo de la insulina. Sin embargo, el cromo hexavalente está clasificado como posible carcinógeno **(Elika, 2014)**.

El cromo se deposita en el suelo y agua por la contaminación del ambiente generado en procesos como la curtiembre, producción de textiles y en la manufactura de productos en base a cromo. Además de ser liberado de forma natural al quemar gas, petróleo o carbón. En los alimentos se encuentra el cromo trivalente de forma natural aportando pequeñas cantidades al organismo del ser humano. En cuanto, a una intoxicación con cromo hexavalente se da por el consumo de alimentos contaminados, ya que tiene la capacidad de bioacumularse en el organismo **(Alvarado et al., 2002)**.

Córdova (2019), indica que el cromo trivalente no genera problemas de salud pues abandona el cuerpo a través de la orina. Contrario al cromo hexavalente que puede afectar al estómago e intestino delgado provocando irritación o úlceras y en la sangre, anemia.

1.1.4.3.1. Fuentes de contaminación.

El aire, agua y suelo se contaminan con cromo hexavalente a partir de diferentes actividades como la combustión de carbón y petróleo, producción de acero, soldadura de acero inoxidable, manufactura de productos químicos, desechos derivados de los colorantes y pigmentos para el curtido de cueros. En cambio, el cromo trivalente, se localiza de forma natural en alimentos como en carnes, mariscos, hortalizas, cereales y algunas frutas, presentando una baja toxicidad (**Elika, 2014**).

Por otro lado, el cromo el hexavalente al considerarse como cancerígeno afecta principalmente a pulmones y senos. Este metal cuando es ingerido es capaz de permanecer en las células, tejidos y órganos por años (**Molina et al., 2010**).

1.1.4.3.2. Efectos de la presencia de cromo en la salud humana.

El cromo hexavalente puede producir intoxicaciones agudas al ingerir grandes cantidades y los síntomas asociados son vómitos, diarrea, y anemia. Cuando el individuo está expuesto ya sea a medio o largo plazo puede producirse efectos graves a nivel neurológico, hepático, renal, gastrointestinal, hematológico, cardiovascular y respiratorio (**Elika, 2014**).

1.1.4.3.2. Tratamiento.

Cuando existe una intoxicación por ingestión de cromo al paciente se somete a un lavado gástrico, con aproximadamente 3 L de solución salina y además se administra el 1% de tiosulfato de sodio para atrapar al elemento por medio de la quelación de compuestos (**Molina et al., 2010**).

1.1.5. Normativa ecuatoriana

1.1.5.1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.

Esta norma dictada por Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental establece que su aplicación es obligatoria y rige para todo el territorio nacional.

En cuanto a los criterios de calidad de aguas de uso agrícola se prohíbe el uso de aguas servidas para los cultivos, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta norma.

Tabla 3 *Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola*

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Cromo total	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1

Fuente: Tomado del Ministerio del Ambiente (2008).

1.1.5.2. Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.

Esta norma creada por la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental establece los criterios de calidad en cuanto a un contaminante en el suelo, teniendo en cuenta que los valores pueden variar dependiendo la influencia de actividades industriales o urbanas generalizadas.

Tabla 4 *Criterios de Calidad de Suelo*

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cadmio	Cd	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	19
Cromo total	Cr ⁺⁶	mg/l	54

Fuente: Tomado de Ministerio del Ambiente (2015).

1.1.5.3. Norma general para los contaminantes y toxinas presentes en los alimentos y piensos.

La normativa ecuatoriana NTE INEN-CODEX 193, contiene los principios recomendados por el Codex Alimentarius en relación con los contaminantes como metales pesados presentes en los alimentos y piensos indicando también los niveles máximos. Cabe mencionar que, la norma no cuenta con el nivel máximo permisible para lechuga, pero los valores de referencia serán tomados en base a la categoría hortalizas de hoja.

Tabla 5 *Límites máximos permisibles de metales pesados en hortalizas de hoja*

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cadmio	Cd	mg/kg	0,2
Plomo	Pb	mg/kg	0,3
Cromo total	Cr ⁺⁶	--	--

Fuente: Tomado de NTE INEN-CODEX 193 (2013).

Nota. La norma no presenta el límite máximo permisible de cromo total para hortalizas de hoja.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Determinar de la concentración de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en lechuga (*Lactuca sativa*) que se cultiva en la parroquia Presidente Urbina del cantón Píllaro.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar la presencia de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en lechuga (*Lactuca sativa*) cultivada en la parroquia Presidente Urbina del cantón Píllaro.

- Cuantificar la presencia de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en agua de regadío y suelo empleados para los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) de la parroquia Presidente Urbina del cantón Píllaro.
- Comparar mediante una búsqueda bibliográfica las concentraciones de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) obtenidos en lechuga, agua de regadío y suelo.
- Determinar el conocimiento de la población del cantón Píllaro sobre la posible contaminación de metales pesados en lechuga (*Lactuca sativa*).

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales y método

2.1.1. *Materiales*

- Bolsas de polietileno con cierre hermético.
- Frascos estériles transparentes de 125 ml.
- Cooler
- Computadora
- Celular
- Software Google Forms
- Microsoft Excel

2.1.2. *Método*

2.1.2.1. **Área de estudio.**

El área de estudio para el presente proyecto de investigación se realizó en la parroquia Presidente Urbina perteneciente al cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua, la cual cuenta con una superficie territorial de 1.263 hectáreas y una población de 3.034 habitantes. Limita al norte con la parroquia San Andrés, al sur con el centro de la ciudad de Píllaro, al este con San Andrés y Píllaro, al oeste con Cunchibamba y Unamuncho. La Figura 1, indica que un 76,87% del suelo de la parroquia está destinado para la agricultura (**GAD Presidente Urbina, 2014**).

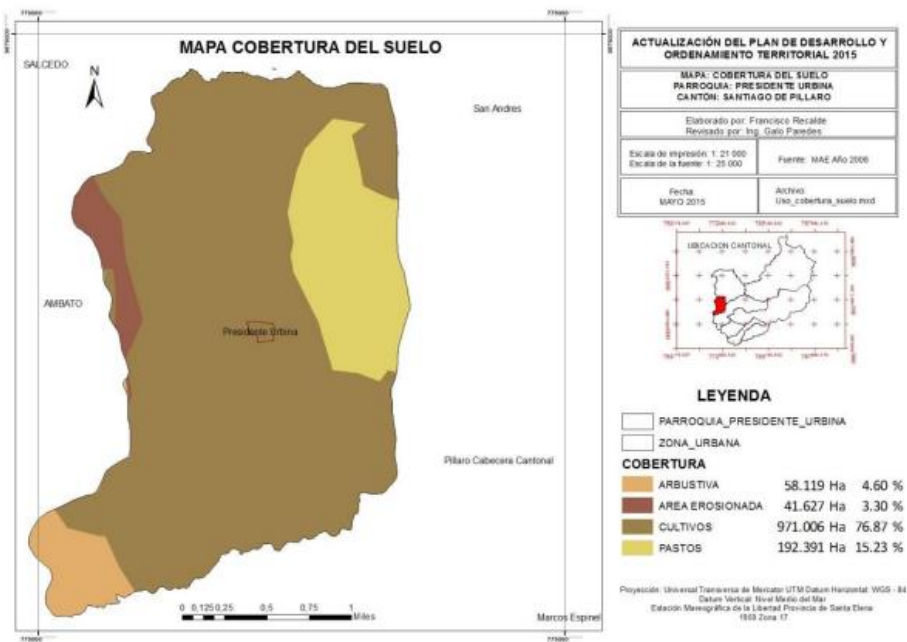


Figura 1. *Mapa cobertura del suelo de la parroquia Presidente Urbina*
Fuente: Tomado de GAD Presidente Urbina (2014).

2.1.2.2. Tipo de muestreo.

El muestreo compuesto de lechuga, agua de regadío y suelo se realizó al tomar submuestras en 5 cultivos del alimento ubicados dentro de la parroquia Presidente Urbina perteneciente al cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua (Figura 2).

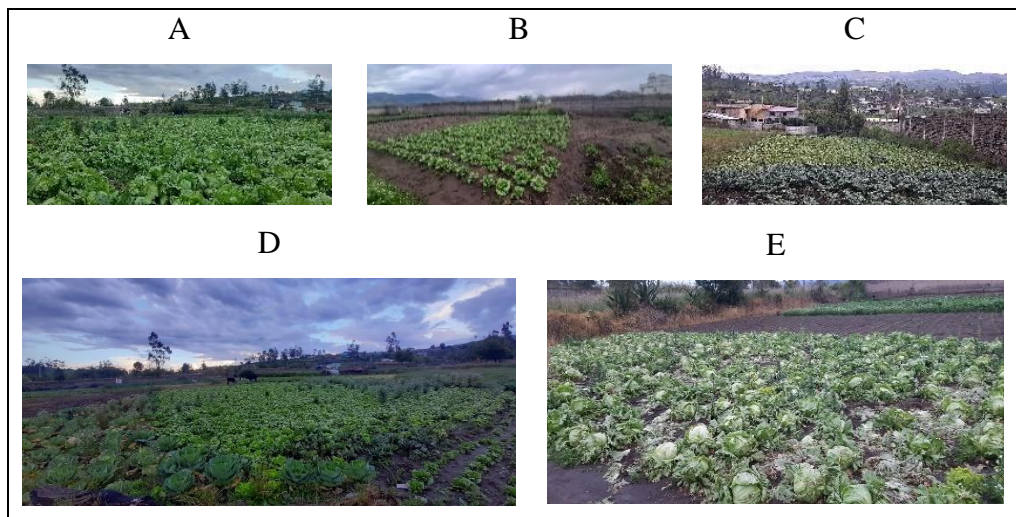


Figura 2. *Cultivos seleccionados para la toma de la muestra compuesta (A-E) en diferentes partes de la parroquia Presidente Urbina*

2.1.2.3.Recolección de muestras.

2.1.2.3.1. Lechuga.

En cada cultivo se recolectaron de forma aleatoria 3 submuestras de 50 g de lechuga en estado de madurez. Una vez obtenidas las submuestras se mezclaron en un recipiente estéril para homogenizarlas, posteriormente se almacenaron las muestras de 50 g en cinco bolsas de polietileno con cierre hermético y se las envió al laboratorio.

2.1.2.3.2. Agua de regadío.

En la toma de muestras de agua de regadío de cada uno de los cultivos, primero se inspeccionó las condiciones del aspersor, ya que no debe presentar goteos a sus alrededores. Las submuestras se recolectaron a partir de los 5 minutos iniciado el bombeo, la cantidad de 200 ml en un recipiente estéril. Recolectadas todas las submuestras se homogenizó y se fraccionó en 5 muestras de 100 ml en frascos estériles transparentes de 125 ml de capacidad.

2.1.2.3.3. Suelo.

En cada cultivo se tomaron 15 submuestras de suelo agrícola a 40 cm de profundidad, una vez recolectadas se mezclaron para homogenizar y se recolectaron 5 muestras de 50 g en fundas estériles con cierre hermético.

2.1.2.4. Análisis de metales pesados.

El análisis de cada muestra para los tres metales propuestos se realizó en el Laboratorio del Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación, DPEC de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) con acreditación N° SAE-LEN 0-010.

2.1.2.4.1. Tratamiento de muestras.

▪ Digestión de metales

Las muestras de suelo y agua de regadío fueron sometidas a un tratamiento de digestión ácida el cual se lleva a cabo a altas temperaturas y en presencia de ácido

nítrico y peróxido de hidrógeno, con el fin de realizar una oxidación completa para disminuir las interferencias provocadas por la materia orgánica (**Gaitan, 2004**).

- **Microondas**

La muestra de lechuga fue sometida a un tratamiento por microondas en donde se aplicó longitudes electromagnéticas, con un rango de frecuencia de 300 MHz a 300 GHz procedentes de un generador (magnetron) que provee microondas a una frecuencia de 2,45 GHz. La principal ventaja es que la manipulación de la muestra es mínima, evitándose la pérdida de analitos por volatilización, la contaminación de la muestra, la exposición por parte del analista a los vapores generados durante la digestión ácida (**González, 2009**).

2.1.2.4.2. Espectrofotometría de absorción atómica.

Es el método más empleado para la determinación de metales debido a su especificidad, sensibilidad y facilidad de operación. La metodología consiste en aspirar directamente la solución por una llama de flujo laminar, esta llama tiene la función de producir átomos en su estado fundamental de los elementos presentes en la solución muestra para luego absorber parte de la radiación la cual proviene de una fuente luminosa. Para determinar su concentración se compara la absorbancia de la solución muestra con la absorbancia de soluciones estándar de concentración conocida (**Razmilic, 2014**).

2.2.Modalidad de revisión bibliográfica

Se basó en la recopilación de información a través de fuentes bibliográficas para conocer las concentraciones de metales pesados en lechuga. Las fuentes de información fueron bases de datos de la Universidad Técnica de Ambato, bases de datos externas como SciELO, Dialnet, Scopus, entre otras. Además de la utilización de normas ecuatorianas e internacionales para la comparación de resultados obtenidos en los respectivos análisis.

Para la selección de información se utilizó artículos científicos, tesis y demás investigaciones similares al tema propuesto: “Determinación de la concentración de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en la lechuga (*Lactuca sativa*) que se

cultiva en la parroquia Presidente Urbina del cantón Píllaro”, publicadas en la última década.

2.3.Recolección de datos

2.3.1. Encuesta

Para la obtención de datos sobre el conocimiento de la población sobre la posible contaminación de metales pesados en lechuga se aplicó una encuesta con 12 preguntas con el objetivo de recolectar la información necesaria para esta investigación. La aplicación para este estudio se realizó de manera on-line mediante el Software gratuito Google Forms.

2.3.2. Validación de encuesta

La validación de la encuesta fue realizada por 15 expertos, los cuales laboran en área de alimentos y afines, el formato de la validación se elaboró de manera sencilla para la correcta puntuación de cada pregunta además de solicitar las observaciones y sugerencias respectivas según su criterio profesional (Anexo 2).

Posteriormente, se estimó el coeficiente de Alfa de Cronbach, el cual define la confiabilidad de la encuesta, este se lo calcula mediante la siguiente formula:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right]$$

Ecuación 1 Alfa de Cronbach

Dónde:

α = Alfa de Cronbach

K = Número de ítems

V_i = Varianza de cada ítem

V_t = Varianza total

Una vez aplicada la ecuación se estimó un coeficiente de confiabilidad de 0,88, este valor se encontró dentro del rango para considerar que la encuesta tiene un aceptable nivel de confiabilidad.

2.3.3. Determinación de la población y muestra

2.3.3.1.Población.

La población objetivo para la aplicación de encuestas es la del cantón Píllaro, perteneciente a la provincia de Tungurahua, el cual cuenta con 2 parroquias urbanas y 7 parroquias rurales, teniendo un estimado de 41.693 habitantes según proyecciones (INEC, 2015).

2.3.3.2.Muestra.

El tamaño de la muestra se calculó mediante la aplicación de la fórmula:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Ecuación 2 Tamaño de la muestra

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población total

Z = 1,96 (95% de nivel de confianza)

p = Probabilidad de éxito

q = Probabilidad de fracaso

d = Precisión (3%)

Con la Ecuación 2 se calculó un tamaño de muestra de 202 personas (Anexo 1) que aplicaron la encuesta, tomando en cuenta los siguientes parámetros: un nivel de confianza del 95%, probabilidad de éxito del 95%, probabilidad de fracaso del 5% y un margen de error del 3% para una población total de 41.693 habitantes.

2.3.3.3.Análisis de resultados.

Con la recopilación de datos obtenidos de la encuesta, se procedió a tabular los datos en Excel, para su interpretación se realizó en graficas pastel y así lograr identificar el conocimiento que posee la población acerca de la contaminación de los metales pesados en la lechuga.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Análisis de resultados de metales pesados en lechuga

La muestra compuesta de lechuga recolectada en la parroquia Presidente Urbina perteneciente al cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua se analizó en el laboratorio DPEC de la Universidad Central del Ecuador por el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En el resultado de los análisis para metales pesados se determinó que en la muestra compuesta de lechuga no hay presencia de cadmio, en cuanto a plomo no sobrepasa el nivel máximo permisible establecido por la norma **NTE INEN-CODEX 193 (2013)** y de igual manera para cromo que presenta una concentración menor establecido por **Unión Europea (2014)** (Tabla 6). Es importante resaltar que no existe normativas nacionales sobre los niveles máximos permisibles de metales pesados en hortalizas de consumo directo para realizar la respectiva comparación.

En investigaciones relacionadas con la contaminación por plomo en lechuga se determinó una concentración de 0,139 mg/kg en muestras de lechuga que fueron cultivadas de forma industrial y expandidas en supermercados de Guayaquil (**Torres, 2020**).

Vázquez et al. (2019) establecen un valor de 0,26 mg/kg de plomo en lechugas de la parroquia San Joaquín de la provincia del Azuay. Estos valores también se encuentran debajo de los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), debido a las características de suelo como el pH que no permite una fácil movilidad del Pb, por lo que dificulta su absorción a la hortaliza.

Vásquez (2020) menciona en su estudio que la presencia de cadmio en lechuga posee la concentración promedio de 0,0908 mg/kg, valores menores al nivel máximo permisible y se infiere que la cantidad encontrada no alcanzan las dosis letales para el ser humano. Finalmente, **Córdova (2019)** determinó un valor que excede al establecido por las normativas para cromo (0,42 mg/kg) en muestras de lechuga esto a causa de un deficiente tratamiento de aguas servidas por parte de la planta de tratamiento, provocando que las hortalizas estén contaminadas con el metal y afectando de forma progresiva a la salud del consumidor.

En definitiva, los cultivos de la parroquia Presidente Urbina se encuentran exentos de estos contaminantes y pueden ser comercializados sin afectar la salud de la población.

Tabla 6 *Resultados para análisis de metales pesados en lechuga*

Metal pesado	Resultado análisis	Nivel máximo permisible
Cadmio	0,000 mg/kg	0,2 mg/kg
Plomo	0,009 mg/kg	0,3 mg/kg
Cromo	0,024 mg/kg	0,10 mg/kg

3.1.2. Análisis de resultados de metales pesados en agua de riego y suelo

Los resultados obtenidos por parte del laboratorio indicaron que el agua de riego de la parroquia Presidente Urbina del cantón Píllaro está libre de metales pesados como el cadmio, plomo y cromo (Tabla 7).

Pila (2016) encontró una concentración de 0,02 mg/l de cadmio, al compararlo con la normativa ecuatoriana de acuerdo con la Ley de Gestión Ambiental emitida por el Ministerio del Ambiente del Ecuador presenta un valor de 0,05 mg/L, el nivel de concentración encontrado no sobrepasa el nivel permitido. Para plomo un valor de 0,07 mg/l que al comparar con el valor de 5 mg/L de la normativa ecuatoriana se determina que el nivel de concentración encontrada no sobrepasa el nivel establecido.

Mafla (2015) detectó cromo en el río Cutuchi el cual es usado para el riego de cultivos, su concentración fue <0,5 mg/l sobrepasando el nivel máximo establecido por la norma ecuatoriana. Evidenciando una contaminación por una posible actividad industrial como la curtiembre.

No obstante, en la Tabla 2 se indica que el agua de la parroquia Presidente Urbina podría verse afectada por la contaminación de agua servidas y desechos lácteos en un nivel alto, en un nivel medio por contaminación con lubricantes, agroquímicos, desechos sólidos y por pastoreo. En el año 2014 la planta de tratamiento de la parroquia era considerada como deficiente pues presentaba daños. Por lo tanto, se infiere que actualmente el sistema de tratamiento es eficiente y segura para los cultivos al no presentar trazas de metales pesados (**GAD Presidente Urbina, 2014**).

Tabla 7 *Resultados para análisis de metales pesados en agua de regadío*

Metal pesado	Resultado análisis	Nivel máximo permisible
Cadmio	0,000 mg/kg	0,05 mg/l
Plomo	0,000 mg/kg	5,0 mg/l
Cromo	0,000 mg/kg	0,1 mg/l

En la Tabla 8, se detallan los resultados de cadmio en suelo, en el que no se encuentran trazas de este, el cadmio presentó un valor de 0,000 mg/kg, que al comparar con el valor de 0,5 mg/kg de la normativa ecuatoriana según la Ley de Gestión Ambiental emitida por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, el nivel de concentración encontrado no sobrepasa el límite permitido. Del mismo modo el plomo presentó un valor de 13,667 mg/kg, que al comparar con el valor de 19 mg/kg de la misma normativa ecuatoriana no sobrepasa el límite permitido. Y en cuanto al cromo, este no sobrepasa el límite ya que se obtuvo una concentración de 0,478 mg/kg.

Pila (2016) determinó cadmio y plomo en muestras de suelo agrícola teniendo un valor de 0,55 mg/kg de cadmio existiendo una pequeña diferencia sobre el nivel

máximo permitido según la Norma ecuatoriana de 0,50 mg/kg, por ende, el suelo está contaminado por el metal, al contrario que el suelo agrícola de la parroquia Presidente Urbina. Para el plomo la concentración fue de 5,83 mg/kg evidenciando que no existe contaminación en el suelo por este metal, pero al contrastar con el resultado obtenido en esta investigación se demuestra que el suelo agrícola presenta mayor concentración de plomo.

Montalvo (2013) analizó la presencia de cromo en el suelo destinado para la agricultura y obtuvo un promedio de 2,76 mg/kg encontrándose bajo el límite máximo permisible.

Los resultados encontrados en la muestra de suelo de la parroquia Presidente Urbina no sobrepasan los niveles permitidos aunque existen contaminantes categorizados de nivel alto como la sobre explotación agrícola, agroquímicos y desechos sólidos, por esta razón, los agricultores hacen uso de abonos orgánicos y fertilizantes de sello verde debido a que no generan impurezas por metales pesados u otros contaminantes (**GAD Presidente Urbina, 2014**).

Tabla 8 *Resultados para análisis de metales pesados en suelo*

Metal pesado	Resultado análisis	Nivel máximo permisible
Cadmio	0,000 mg/kg	0,5 mg/kg
Plomo	13,667 mg/kg	19 mg/kg
Cromo	0,478 mg/kg	54 mg/kg

3.1.3. Análisis bibliográfico

La Agencia Británica de Seguridad Alimentaria en el 2012 determinó que las hortalizas principalmente las de hojas verdes como la lechuga, acelga, col y espinaca contenían concentraciones altas de metales pesados, siendo uno de los causantes un suelo agrícola contaminado, ya sea de forma natural o antropogénica. Es importante resaltar que las hortalizas contaminadas con metales pesados pueden

ser comercializadas en el Ecuador debido a que no existen normativas nacionales que establezcan límites de contaminación (Torres, 2020).

Las muestras de lechuga, agua de riego y suelo agrícola de la parroquia Presidente Urbina poseen concentraciones menores para cadmio, plomo y cromo en comparación a normativas INEN, CODEX, FAO, OMS e investigaciones realizadas en Ecuador y fuera del país. Es decir, el agua de riego cuenta con un adecuado tratamiento de aguas residuales; el suelo agrícola no está contaminado debido al uso de abonos orgánicos, la dosificación correcta de productos químicos y el empleo de las buenas prácticas agrícolas por parte de los agricultores. Tanto el agua como el suelo agrícola al no presentar concentraciones elevadas, los cultivos de lechuga absorben cantidades mínimas de estos metales. Por estas razones, los cultivos son considerados libres de metales pesados, garantizando así la salud de sus consumidores.

3.1.4. Análisis de los resultados de la encuesta

La encuesta fue aplicada a la población del cantón Píllaro de la Provincia de Tungurahua la cual cuenta con 41.693 habitantes (INEC, 2015).

De 202 personas encuestadas se obtuvo que el 46% consume una vez por semana lechuga; el 27% consumen dos veces por semana; un 16% tres veces a la semana y una vez al mes un 11%. Por ende, se infiere que existe una frecuencia diaria de esta hortaliza, ya que es ideal para acompañar comidas debido a que es un alimento bajo en calorías (Figura 3).

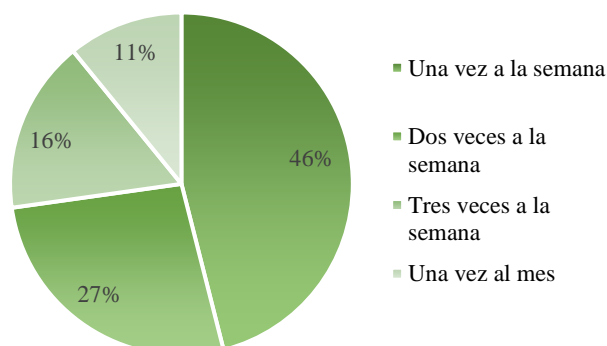


Figura 3. ¿Con qué frecuencia consume usted lechuga?

Se preguntó a la población sujeto de estudio, sobre la manera de consumo de esta hortaliza. En la Figura 4, se evidencia que generalmente la lechuga se consume de forma cruda, ya que se utiliza para la preparación de ensaladas que sirven para acompañamiento de diferentes platos, además de que se conserva mejor sus propiedades nutricionales. Cabe mencionar que, en el país no es muy usual la preparación de sopas o cremas con esta hortaliza.

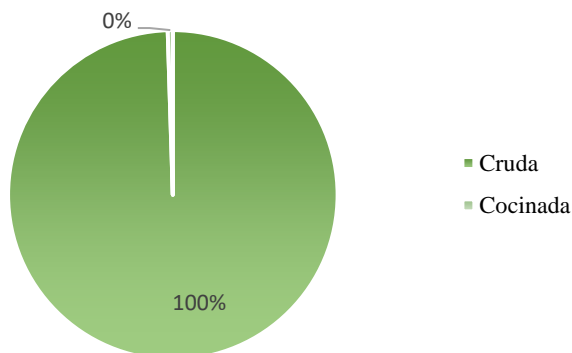


Figura 4. *¿De qué manera consume usted lechuga?*

Dentro de la población encuestada se determina que existe un proceso adecuado para la desinfección de la lechuga pues un 87% afirmaron que realizan una correcta limpieza de esta hortaliza debido a que presenta residuos de tierra o posibles cuerpos extraños, por esta razón desechan las hojas externas y emplean una limpieza adecuada. Mientras que el 13% desconoce que este alimento requiere desinfección antes de ser consumida (Figura 5).

La lechuga al ser un alimento que se consume cruda requiere de un proceso de desinfección, ya que puede contener microorganismos o restos de productos químicos perjudiciales para la salud, por este motivo existen productos desinfectantes de frutas y hortalizas que brindan la inocuidad del alimento.

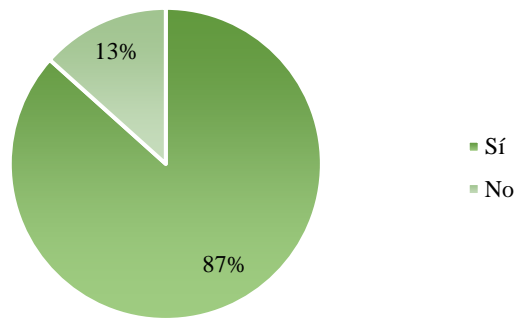


Figura 5. *¿Usted brinda un proceso de desinfección adecuada a la lechuga antes de su consumo?*

Como se ha indicado los metales pesados se encuentran de forma natural en el medio ambiente y generalmente son considerados tóxicos para el ser humano cuando estos son ingeridos, inhalados o por una exposición continua. En la Figura 6 se evidencia que el 45% de los encuestados saben acerca del tema y el 55% restante lo desconoce.

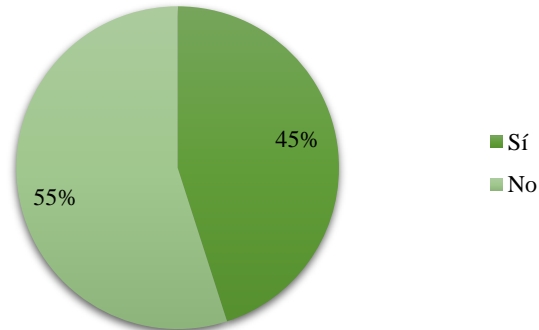


Figura 6. *¿Sabe usted cuales son los metales pesados?*

El 46% tiene conocimiento sobre los problemas que ha provocado los procesos industriales, el uso de fertilizantes, los residuos de minería, etc., sobre el incremento de metales pesados en suelos, agua y aire. Un 54% desconoce totalmente de esta información (Figura 7). A pesar de contar con la documentación necesaria que informa sobre los posibles contaminantes que tiene la parroquia las personas pertenecientes a la misma no conoce sobre su existencia.

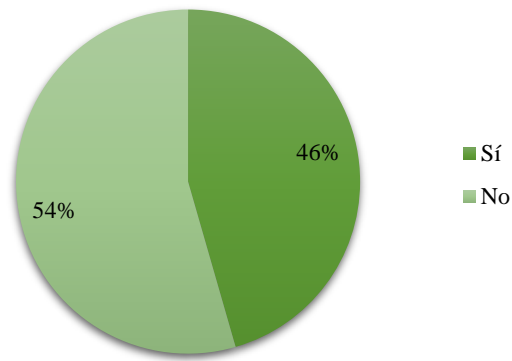


Figura 7. *¿Sabe usted que, a causa de los procesos industriales, residuos de la minería y uso de fertilizantes han aumentado la exposición y biodisponibilidad de metales pesados en suelos, agua y aire?*

Se pregunto a los encuestados si creen que en los alimentos se pueden encontrar metales pesados. El 76% indican que sí y el 24% que no (Figura 8). Es importante que la población conozca sobre la capacidad que tiene algunas plantas como las hortalizas de acumular estos elementos del medio que los rodea y por consiguiente llegar a la cadena alimentaria a través de la ingesta de alimentos contaminados.

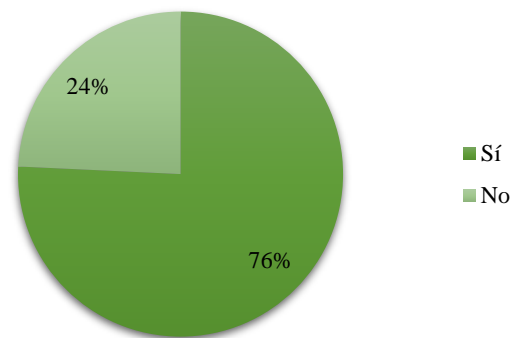


Figura 8. *¿Cree usted que los metales pesados se pueden encontrar en alimentos?*

Los metales pesados pueden ocasionar problemas en la salud cuando ha ingresado al organismo, una dosis alta de metal causa una intoxicación. Provocando problemas graves de salud, como el daño en diversos órganos. Para conocer sobre este conocimiento se realizó la siguiente pregunta (Figura 9) en la cual solo el 22% cree que la salud se ve afectada por metales pesados.

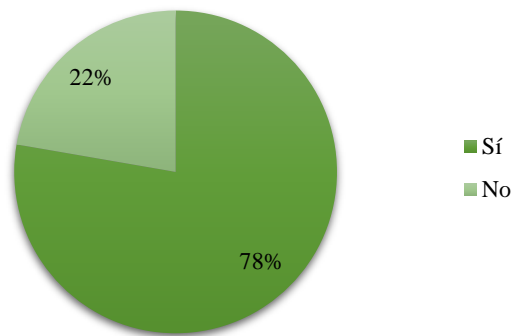


Figura 9. *¿Cree usted que los metales pesados pueden ocasionar problemas en la salud?*

La lechuga puede acumular metales pesados, ya sea del agua de riego cuando no se aplica un tratamiento para aguas servidas adecuado o cuando el suelo está contaminado y a causa de ello, estos contaminantes migran a través de la planta hasta depositarse en las hojas. Es así como se procedió a preguntar, si las personas conocen que las hojas de lechuga son capaces de acumular metales pesados del ambiente que lo rodea. Dando como resultado que el 33% lo afirma y el 66% desconoce totalmente de esta información (Figura 10).

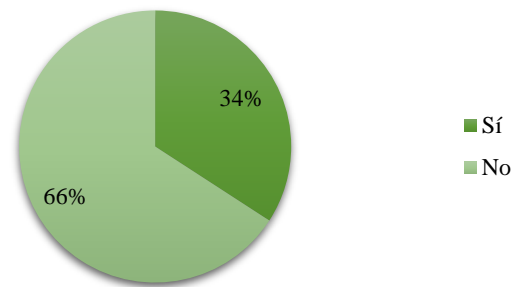


Figura 10. *¿Sabía usted que las hojas de lechuga son capaces de absorber y acumular metales pesados presentes en el suelo y agua de regadío?*

Dentro de los 202 encuestados se evidenció que el 46% de los individuos consideran que existe normativas que establecen los límites máximos permisibles para metales pesados en lechuga. Por el contrario, la población restante 54% no está de acuerdo. Como se ha venido mencionando, no existe normas ecuatorianas que establezcan

los niveles máximos permisibles para contaminantes como los metales pesados, especialmente para la lechuga (Figura 11).

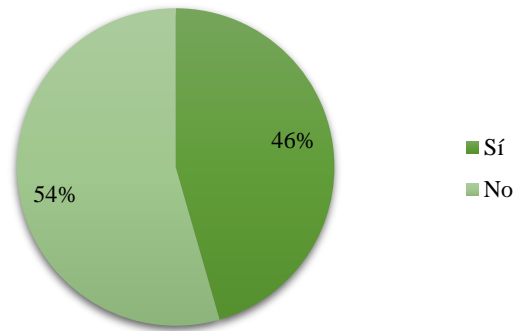


Figura 11. *¿Cree usted que en el país existe normativas que establecen los límites máximos permisibles de metales pesados en lechuga?*

La población encuesta ha manifestado que la contaminación de alimentos por metales pesados puede ser riesgoso para la salud humana, es así como consideran necesario informar a los agricultores (97%) (Figura 12-A); brindar la información y estrategias necesarias para ofrecer productos primarios de calidad (99%) (Figura 12-B); por consiguiente, el tema ha llegado a ser de interés para los individuos (96%) (Figuras 12-C), pues consideran que los cultivos que podrían estar expuestos a estos contaminantes a causa de las actividades antropogénicas y por consiguiente afectar a los alimentos primarios como hortalizas, vegetales, frutas, cereales, entre otros

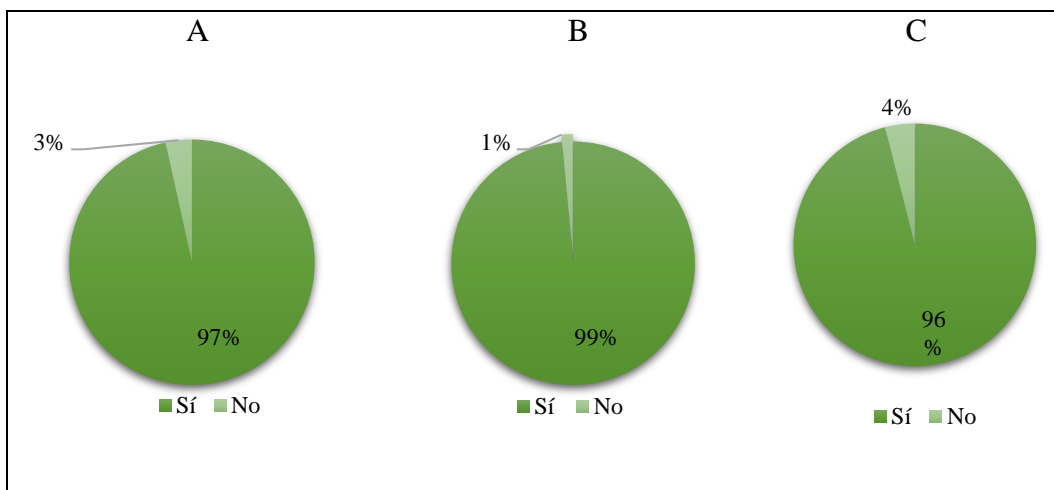


Figura 12. (A) *¿Usted considera importante que los agricultores sean informados sobre este posible problema y así brindar productos de calidad?;* (B) *¿Cree usted que se debe ofrecer más información sobre los alimentos contaminados con metales pesados?;* (C) *¿Usted considera este tema importante?*

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Los resultados obtenidos de metales pesados en muestra de lechuga fueron menores a los niveles máximos permisibles establecidos por normas internacionales, en cuanto a; cadmio, plomo y cromo. Siendo un alimento apto para el consumo sin posibles efectos toxicológicos.
- La muestra compuesta de agua de regadío está libre de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) evidenciando que existe un adecuado tratamiento en el líquido vital. De igual forma para la muestra de suelo se comparó con normativas y se estableció que los resultados obtenidos no superan los niveles límites, siendo estas dos fuentes inofensivas y así obtener productos primarios de calidad.
- El contraste con fuentes bibliográficas fue necesario para determinar que las actividades antropogénicas pueden afectar los cultivos y por lo tanto a los alimentos, pues los residuos que estas actividades desechan contaminan el medio ambiente pudiendo afectar a la población.
- La población encuestada determinó que el tema es de interés debido a que desean productos alimenticios inocuos y de calidad, sugiriendo más información tanto para los agricultores como para la población en general.

4.2. Recomendaciones

- Analizar otros puntos de muestreo dentro del cantón para determinar que los cultivos de lechuga están completamente libres de metales pesados. Y así fomentar su cultivo para beneficio de los agricultores pillareños.
- Realizar más estudios con el fin de establecer niveles máximos permisibles para esta hortaliza para el Ecuador, ya que existe fuentes naturales y antropogénicas que van incrementando con el tiempo.
- Informar a la población los posibles efectos toxicológicos que pueden ocasionar la contaminación por metales pesados en los alimentos.
- Brindar información sobre los productos orgánicos para los cultivos y así disminuir los contaminantes que provocan los productos químicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, A., Blanco, R., & Mora, E. (2002). El cromo como elemento esencial en los humanos. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*, 23. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-29482002000100006
- ATSDR. (2012). *Cadmium*. Agency for Toxic Substances & Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=48&tid=15>
- Áviles, U. (2016). *Análisis de la concentración de metales pesados arsénico, cobre, plomo y estaño presentes en jugo de naranja* [Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7715/1/aviles.pdf>
- Calderón, J. B. (2013). *Comportamiento agronómico de dos cultivares de lechuga (Lactuca sativa L.), sembradas mediante sistema hidropónico utilizando tres dosis de biol en el cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura* [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/277>
- Córdova, A. (2019). *Efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales totora y la contaminación de las hortalizas por metales pesados en la comunidad de Totora-Ayacucho 2017-2018*. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Coronel, E. (2018). *Determinación de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) en hortalizas de consumo directo producidas orgánicamente* [Universidad central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14566>
- Elika. (2014). *Cromo*. Fundación Vasca Para La Seguridad Agroalimentaria. https://seguridadalimentaria.elika.eus/wp-content/uploads/2018/01/30.Cromo_.pdf
- Escobar, S. (2016). *Determinación de la presencia de plomo y cadmio en frutilla (Fragaria ananassa) y tomate (Solanum lycopersicum) en El Quinche* [Universidad Central Del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10068/1/T-UCE-0004-81.pdf>
- FAO. (2018). *Hortalizas y frutas*. <https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0w.htm>

- Fontana, D., Lascano, V., Solá, N., Martínez, S., Virgolini, M., & Mazzieri, M. (2013). Intoxicación por plomo y su tratamiento farmacológico. *Revista de Salud Pública*, 49–59. http://www.saludpublica.fcm.unc.edu.ar/sites/default/files/RSP13_1_08_art5.pdf
- GAD Presidente Urbina. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Santiago de Pillaro*. Santiago de Pillaro GADM.
- Gaitan, M. (2004). *Determinación de metales pesados totales con digestión ácida y solubles lectura directa por espectrofotometría de absorción atómica*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Metales+en+agua+por+Absorción+Atómica..pdf/e233a63d-378c-4f83-9311-d9375043cf2a>
- González, E. (2009). *Método general por microondas de digestión ácida en matrices ambientales*. IPN. https://www.ciiemad.ipn.mx/assets/files/ciiemad/docs/sgc/procedimientos/IPN_AC-06-00.pdf
- IAEA. (2020). *Contaminantes de los alimentos*. IAEA. <https://www.iaea.org/es/temas/contaminantes-de-los-alimentos>
- INEC. (2015). *Proyección de la población ecuatoriana, por años calendario, según cantones*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/proyeccion_cantonal_total_2010-2020.xlsx
- InfoAlimenta. (2018). *Verduras y Hortalizas*. Alimentum. <http://www.infoalimenta.com/biblioteca-alimentos/71/67/lechuga/>
- Madueño, F. M. (2017). *Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (Lactuca sativa) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mafla, E. (2015). *Determinación de cromo, plomo y arsénico en aguas del canal de riego Latacunga –Salcedo - Ambato y evaluación de la transferencia de*

dichos metales a hortalizas cultivadas en la zona; mediante espectrofotometría de absorción atómica. Universidad Técnica de Ambato.

Ministerio del Ambiente. (2008). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.* Presidencia de La Republica Del Ecuador. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2015). *Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.* Presidencia de La Republica Del Ecuador. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155129.pdf>

Molina, N., Aguilar, P., & Cordovez, C. (2010). Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Ciencia & Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, 8, 77–88.

Montalvo, C. (2013). *Efecto de la contaminación del suelo en la productividad de cinco sectores agrícolas de la parroquia de Tumbaco* [Universidad Central Del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1351/1/T-UCE-0012-247.pdf>

NTE INEN-CODEX 193. (2013). *Norma general para los contaminantes y toxinas presentes en los alimentos y piensos* (Primera). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-codex-193.pdf>

Pila, C. Y. (2016). *Determinación de la presencia de plomo y cadmio en dos hortalizas lechuga (lactuca sativa) y zanahoria (daucus carota) en el Quinche.* Universidad Central del Ecuador.

Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de La Facultad de Medicina*, 63, 51–64. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63_n1/pdf/toxicologia_cadmio.pdf

Razmilic, B. (2014). *Espectroscopia de absorción atómica.* Merck Química Chilena Soc. Ltda. <https://www.fao.org/3/ab482s/ab482s04.htm>

Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Diaz, M., & Gonzales, E. (2016). Contaminación

por Metales Pesados. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66–77.

Rodríguez, A., Cuéllar, L., Maldonado, G., & Suardíaz, M. (2016). Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Revista Cubana Investigaciones Biomédicas*, 35(3). <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinbio/cib-2016/cib163f.pdf>

Rodríguez, M., Martínez, N., Romero, M., Del Río, L., & Sandalio, L. (2008). Toxicidad del cadmio en plantas. *Ecosistemas*, 17(3), 139–146. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/409>

Salas, C., Garduño, M., Mendiola, P., Vences, Jesús ZetinaRomán, Vanessa Martínez, O., & 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).

Salinas, C. (2013). *INTRODUCCIÓN DE CINCO VARIEDADES DE LECHUGA (Lactuca sativa L.) EN EL BARRIO SANTA FE DE LA PARROQUIA ATAHUALPA EN EL CANTÓN AMBATO* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6491/1/Tesis-63>
Ingeniería Agronómica -CD 204.pdf

Sánchez, G. (2016). *Ecotoxicología del cadmio riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio* [Universidad Complutense]. [http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA SANCHEZ BARRON.pdf](http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA_SANCHEZ_BARRON.pdf)

Sánchez, M. (2021). *Lechuga: propiedades beneficios y valor nutricional*. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20210308/6264234/lechuga-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>

Torres, N. D. (2020). *Comparación de concentraciones de cadmio y plomo en lechuga de cultivos industriales, hidropónicos y orgánicos recolectada en supermercados, Guayaquil*. Universidad de Guayaquil.

Valdivia, H. B., & Almanza, G. (2016). Evaluation of the effect of macronutrients

from human urine as fertilizer in the grow of *Lactuca sativa*. *REVISTA BOLIVIANA DE QUÍMICA*, 33, 20–26.
http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v33n1/v33n1_a03.pdf

Vásquez, S. (2020). *Determinación de la concentración de metales pesados cadmio y arsénico en hortalizas lechuga (*Lactuca sativa*) y tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) de la zona agrícola del sector Machachi*. Universidad Central del Ecuador.

Vázquez, J., Sangurima, C., & Alvarez, M. (2019). Concentraciones de plomo (Pb) en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) en Azuay, Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 10, 423–427. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.13>

Vélez, A., Rojas, M., Borrero, R., & Restrepo, M. (2010). *Toxicología clínica*. http://www.fetoc.es/asistencia/Toxicologia_clinica_libro.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Cálculo del tamaño de la muestra

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

(Ecuación. 1)

$$n = \frac{(41693) \times (1.96)^2 \times (0.95) \times (0.05)}{(0.03)^2 \times (41693 - 1) + (1.96)^2 \times (0.95) \times (0.05)}$$

$$n = 201.77$$

$$n = 202$$

Anexo 2. Formato encuesta

Responda las siguientes preguntas de acuerdo con sus conocimientos.

1. Nombre y Apellido

2. ¿En qué rango de edad usted se encuentra?

Menor a 20

De 20 a 30

De 30 a 40 años

Mayor a 40 años

3. ¿Con qué frecuencia consume usted lechuga?

Una vez a la semana

Dos veces a la semana

Tres veces a la semana

Una vez al mes

4. ¿De qué manera consume usted lechuga?

Cruda

Cocida

5. ¿Usted brinda un proceso de desinfección adecuada a la lechuga antes de su consumo?

Si

No

6. ¿Sabe usted cuales son los metales pesados?

Si

No

7. ¿Sabe usted que, a causa de los procesos industriales, residuos de la minería y uso de fertilizantes han aumentado la exposición y biodisponibilidad de metales pesados en suelos, agua y aire?

Si

No

8. ¿Cree usted que los metales pesados se pueden encontrar en alimentos?

Si

No

9. ¿Cree usted que los metales pesados pueden ocasionar problemas en la salud?

Si

No

10. ¿Sabía usted que las hojas de lechuga son capaces de absorber y acumular metales pesados presentes en el suelo y agua de regadío?

Si

No

11. ¿Cree usted que en el país existe normativas que establecen los límites máximos permisibles de metales pesados en lechuga?

Si

No

12. ¿Usted considera importante que los agricultores sean informados sobre este posible problema y así brindar productos de calidad?

Si

No

13. ¿Cree usted que se debe ofrecer más información sobre los alimentos contaminados con metales pesados?

Si

No

14. ¿Usted considera este tema importante?

Si

No

Anexo 3. Instrumento de validación de la encuesta

Marque con una X la opción dentro de la escala Likert de tres puntos que considere para cada ítem y agregue su observación de ser necesario.

0: Totalmente en desacuerdo

1: Parcialmente en acuerdo

2: Totalmente de acuerdo

Nota: En el caso de marcar 0 o 1 indique su observación.

Validación de encuesta				
Pregunta				Observaciones
	1	2	3	
1				
2				
2				
3				
4				
:				
12				
13				
14				
15				

Responsable: _____

Cargo: _____

Anexo 4. Cálculo del Alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$$

K	15
K-1	15-1
$\sum V_i$	1.41
V_t	8.32

$$\alpha = \frac{15}{15-1} \left[1 - \frac{1.41}{8.32} \right]$$

$$\alpha = 0.88$$

Anexo 5. Resultados de análisis de metales pesados en lechuga



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
ÁREA AGUAS Y SUELOS

Informe N°: 21-300.2
Fecha de emisión: 2021-12-17

Cliente^b:	MARÍA FERNANDA LASLUIZA
Contacto^a:	Srta. María Fernanda Lasluzia
Dirección^a:	Pillaro, Presidente Urbina, Tungurahua
Teléfono^a:	0995347762
Tipo de muestra^a:	E-mail^a: mlasluzia3460@uta.edu.ec
Descripción de la muestra^a:	LECHUGA
Condiciones de la muestra^a:	Muestra en envase plástico
Fecha de ingreso de muestra:	2021-11-29
Código de la muestra:	21-300.2
Fecha de realización de los ensayos:	2021-12-01 al 2021-12-14
Lugar donde se realizaron los ensayos:	Laboratorio DPEC – Área de Aguas y Suelos

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO / TÉCNICA	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)
CADMIO*	mg/kg	PNE/DPEC/SM 3111 B AOAC 986.15, 1988; AOAC 999.11, 1999 (espectroscopía de absorción atómica)	0,000	-
PLOMO*	mg/kg	PNE/DPEC/A/SM 3111 B AOAC 986.15, 1988; AOAC 999.11, 1999 (espectroscopía de absorción atómica)	0,009	-
CROMO TOTAL*	mg/kg	PNE/DPEC/A/EP 3030 F AOAC 986.15, 1988; AOAC 999.11, 1999 (espectroscopía de absorción atómica)	0,024	-

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.
Nota: Los resultados que constan en el presente informe solo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.
Nota: Los resultados se aplican a la muestra, tal y como se recibió.

Condiciones Ambientales.- Humedad: 34,0 a 49,0 %, Temperatura: 16,1 a 19,8 °C

^b Información proporcionada por el cliente, el Laboratorio DPEC no se responsabiliza por esta información

Analistas: ABO
 Elaborado por: VRT

Revisado por:

Aprobado por:

Ing. Richard Herrera V.
 RESPONSABLE TÉCNICO



Ing. Fernanda Toasa L.
 RESPONSABLE DE CALIDAD

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL DEL INFORME COMPLETO O SOLICITAR UNA COPIA CONTROLADA DEL MISMO.
 EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
 QUITO - ECUADOR

E-mail: fiq.secretaria.dpec@uce.edu.ec

MC2201-A01-9

Hoja 2 de 3

Anexo 6. Resultados de análisis de metales pesados en agua de riego



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
ÁREA AGUAS Y SUELOS

Informe N°: 21-300.1
 Fecha de emisión: 2021-12-17

Cliente: MARÍA FERNANDA LASLUIZA
Contacto: Srta. María Fernanda Lasluzza
Dirección: Pillaro, Presidente Urbina, Tungurahua
Teléfono: 0995347762 **E-mail:** mlasluzza3460@uta.edu.ec
Tipo de muestra: AGUA DE REGADÍO
Descripción de la muestra: AGUA DE REGADÍO
Condiciones de la muestra: Muestra en envase plástico
Fecha de ingreso de muestra: 2021-11-29
Código de la muestra: 21-300.1
Fecha de realización de los ensayos: 2021-12-01 al 2021-12-14
Lugar donde se realizaron los ensayos: Laboratorio DPEC – Área de Aguas y Suelos

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO / TÉCNICA	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (n=2)
CADMIO*	mg/l	PNE/DPEC/SM 3111 B (espectroscopía de absorción atómica)	0,000	-
PLOMO*	mg/l	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopía de absorción atómica)	0,000	-
CROMO TOTAL*	mg/l	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopía de absorción atómica)	0,000	-

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.
Nota: Los resultados que constan en el presente informe solo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.
Nota: Los resultados se aplican a la muestra, tal y como se recibió

Condiciones Ambientales.- Humedad: 34,0 a 49,0 %, Temperatura: 16,1 a 19,8 °C

^a Información proporcionada por el cliente, el Laboratorio DPEC no se responsabiliza por esta información

Analistas: ABO
 Elaborado por: VRT

Revisado por:

Aprobado por:


 x Ing. Richard Herrera V.
 RESPONSABLE TÉCNICO


 Ing. Fernanda Toasa L.
 RESPONSABLE DE CALIDAD

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL DEL INFORME COMPLETO Y SOLICITAR UNA COPIA CONTROLADA DEL MISMO.
 EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
 QUITO - ECUADOR

E-mail: fig.secretaria.dpec@uce.edu.ec

MC2201-A01-9

Hoja 1 de 3

Anexo 7. Resultados de análisis de metales pesados en suelo



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
ÁREA AGUAS Y SUELOS

Informe N°: 21-300.3
Fecha de emisión: 2021-12-17

Cliente:	MARÍA FERNANDA LASLUIZA
Contacto:	Srta. María Fernanda Lasluzza
Dirección:	Pillaro, Presidente Urbina, Tungurahua
Teléfono:	0995347762
Tipo de muestra:	E-mail: mlasluzza3460@uta.edu.ec
Descripción de la muestra:	SUELO
Condiciones de la muestra:	SUELO
Fecha de ingreso de muestra:	Muestra en envase plástico
Código de la muestra:	2021-11-29
Fecha de realización de los ensayos:	21-300.3
Lugar donde se realizaron los ensayos:	2021-12-01 al 2021-12-14
	Laboratorio DPEC – Área de Aguas y Suelos

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO / TÉCNICA	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)
CADMIO*	mg/kg	PNE/DPEC/SM 3111 B (espectroscopía de absorción atómica)	0,000	-
PLOMO	mg/kg	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopía de absorción atómica)	13,667	22,68 %
CROMO TOTAL*	mg/kg	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopía de absorción atómica)	0,478	-

Nota: Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 06-010
Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.
Nota: Los resultados que constan en el presente informe solo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.
Nota: Los resultados se aplican a la muestra, tal y como se recibió.

Condiciones Ambientales.- Humedad: 34,0 a 49,0 %, Temperatura: 16,1 a 19,8 °C

* Información proporcionada por el cliente, el Laboratorio DPEC no se responsabiliza por esta información

Analistas: ABO
 Elaborado por: VRT

Revisado por:

Aprobado por:

 * Ing. Richard Herrera V. RESPONSABLE TÉCNICO		 Ing. Fernanda Toasa L. RESPONSABLE DE CALDIAD
--	--	--

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL DEL INFORME COMPLETO O SOLICITAR UNA COPIA CONTROLADA DEL MISMO.
 EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolívar

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
 QUITO - ECUADOR

E-mail: fig.secretaria.dpec@uce.edu.ec

MC2201-A01-9

Hoja 3 de 3