



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

Evaluación de la concentración por bioacumulación de arsénico y plomo en rabanito (*Raphanus sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) procedentes de Pacora-Lambayeque

TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERA QUÍMICA:

Bach.: Betsabe Giulianna Ramos Villegas

Bach.: Carmen Victoria Aldana Zanini

ASESORA:

Dra. Doyle Isabel Benel Fernández

LAMBAYEQUE, JUNIO DEL 2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

**Evaluación de la concentración por bioacumulación de
arsénico y plomo en rabanito (*Raphanus sativus*) y lechuga
(*Lactuca sativa* L.) procedentes de Pacora-Lambayeque**

TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERA QUÍMICA

**Sustentada y aprobada ante el siguiente
jurado:**

**DR. CESAR MONTEZA ARBULÚ
PRESIDENTE**

**MSc. ING. YSABEL NEVADO
ROJAS
SECRETARIO**

**MSc. ING. JAMES GUERRERO
VOCAL**

**DRA. DOYLE ISABEL BENEL FERNÁNDEZ
ASESORA**

LAMBAYEQUE – PERÚ 2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N°084-2023-UINV-FIQIA



Siendo las 15:05 pm del día 22 de febrero del 2023, se reunieron vía plataforma virtual, <https://meet.google.com/bnd-unaa-wwz> los miembros de jurado evaluador de la Tesis Titulada: "EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN POR BIOACUMULACIÓN DE ARSÉNICO Y PLOMO EN RABANITO (*RAPHANUS SATIVUS*) Y LECHUGA (*LACTUCA SATIVA* L.) PROCEDENTES DE PACORA –LAMBAYEQUE." designados por Res. N°177-2021-D-FIQIA-VIRTUA de fecha 18 julio 2021 con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- Dr. Cesar Augusto Monteza Arbulú.....Presidente
- M.Sc. Ysabel Nevado Rojas.....Secretario
- M.Sc. James Jenner Guerrero Braco.....Vocal.

La tesis fue asesorada por la M.Sc. Doyle Isabel Benel Fernández nombrado (a) por Decreto N°054-2021-VIRTUAL-UINV-FIQIA de fecha 16 junio 2021. El acto de sustentación fue autorizado por Res. N° 048-2023-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 15 febrero de 2023. La Tesis fue presentada y sustentada por las Bachilleres: **RAMOS VILLEGAS BETSABE GIULIANNA** y **ALDANA** y **ZANINI CARMEN VICTORIA** y tuvo una duración de 30 min. Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de 17 (Diecisiete) en la escala vigesimal, mención BUENO. Por lo que quedan APTO (s) para obtener el Título Profesional de Ingeniera Química de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las...16:13 pm se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado,

Firmas

Presidente

Dr. Cesar Augusto Monteza Arbulú

Secretaria

M.Sc. Ysabel Nevado Rojas

Vocal

M.Sc. James Jenner Guerrero Braco

Asesor

M.Sc. Doyle Isabel Benel Fernández

CONSTANCIA DE REPORTE DE SIMILITUD

Lechuga y rabanitos bioacumulación de As y Pb

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	idoc.pub Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	revistas.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1%
9	www.mesadeconcertacion.org.pe Fuente de Internet	1%


Doyle F. Benel Fernández

10	web2.senasica.sagarpa.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
11	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.udch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080 Fuente de Internet	<1 %
14	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	metadatos.mma.gob.cl Fuente de Internet	<1 %
18	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.udec.cl Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %


Doyle I. Benel Fernández

22	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
24	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
25	www.produccioncientificaluz.org Fuente de Internet	<1 %
26	www.ciedperu.org Fuente de Internet	<1 %
27	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
28	Mario García-Carrillo, J. Guadalupe Luna-Ortega, Miguel Ángel Gallegos-Robles, Pablo Preciado-Rangel et al. "Impacto de aguas residuales sobre algunas propiedades y acumulación de metales pesados en el suelo", REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 2020 Publicación	<1 %
29	biblioteca.cucba.udg.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
30	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Doyle E. Benel Fernández
Doyle E. Benel Fernández

32 Esteban Avigliano, Paola Villatarco, Alejandra V Volpedo. "Otolith Sr:Ca ratio and morphometry as indicators of habitat of a euryhaline species: The case of the silverside *Odontesthes bonariensis*", Ciencias Marinas, 2015
Publicación <1 %

33 repositorio.unprg.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

34 repositorio.unsm.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

35 Arturo Aburto-Medina, Irmene Ortiz, Ernesto Hernández. "Prevalence of Enterobacteriaceae and contaminants survey in sediments of the Atoyac River", Tecnología y ciencias del agua, 2017
Publicación <1 %

36 biblioteca.hegoa.ehu.eus
Fuente de Internet <1 %

37 www.fao.org
Fuente de Internet <1 %

38 www.subpesca.cl
Fuente de Internet <1 %

39 studyres.es
Fuente de Internet <1 %

40 www2.iadb.org
Fuente de Internet <1 %


Doyle L. Benel Fernández
2023/08/10

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Carmen Y Betsabe Aldana Y Ramos
Título del ejercicio: Pb As rabanitos lechuga
Título de la entrega: Lechuga y rabanitos bioacumulación de As y Pb
Nombre del archivo: AL_-_RAMOS_VILLEGAS_BETSABE_GIULIANNA_y_ALDANA_ZAN...
Tamaño del archivo: 1.42M
Total páginas: 50
Total de palabras: 6,640
Total de caracteres: 33,468
Fecha de entrega: 27-oct.-2022 08:50a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 1936B48622



Doyle Benel Fernández
Doyle Benel Fernández

CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo DOYLE ISABEL BENEL FERNÁNDEZ, docente/ Asesor de tesis/Revisor del trabajo de investigación, del(los) estudiante(s)

CARMEN VICTORIA ALDANA ZANINI
BETSABÉ GIULIANNA RAMOS VILLEGAS

TITULADA:

“Evaluación de la concentración por bioacumulación de arsénico y plomo en
rabanito (*Raphanus sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) procedentes de Pacora-
Lambayeque”

Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 18 % Verificable en el reporte de similitud en el programa Turnitin.

El suscrito analizo dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, de enero del 2023


Mg. Doyle Isabel Benel Fernández
Asesor

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Ramos Villegas Betsabe Giulianna y Aldana Zanini Carmen Victoria, investigadoras principales y la Dra. Doyle Isabel Benel Fernández, asesora del trabajo de la Tesis “Evaluación de la concentración por bioacumulación de arsénico y plomo en rabanito (*Raphanus sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) procedentes de Pacora-Lambayeque”, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrará lo contrario, asumimos responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar y que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, agosto del 2023



Bach. Ramos Villegas Betsabe Giulianna
DNI 47635719



Bach. Aldana Zanini Carmen Victoria
DNI 77341515



Dra. Benel Fernández Doyle Isabel
DNI 16686687

DEDICATORIAS

A Dios, por la salud, la fortaleza y el valor que me brinda para seguir adelante a pesar de las adversidades.

A mi madre Nora Villegas gracias por todo el esfuerzo realizado, los valores inculcados, la confianza en mí y la motivación a siempre seguir adelante.

A mis papitos Manuel y María Eva, gracias por ese amor incondicional, el cariño que siempre me dieron y el apoyo brindado; ella sigue siendo mi cable a tierra y él ahora me ilumina desde el cielo.

A mi Lilli gracias por siempre escucharme y ser mi soporte emocional cuando más lo necesito.

Y quiero agradecer a mi Novio, por la ayuda brindada durante mi carrera y este proyecto, inclusive en los momentos más difíciles a pesar de lo complicado de la situación siempre estuviste ahí sosteniéndome y brindándome apoyo y motivación.

Betsabe Giulianna Ramos Villegas

Se lo dedico a mi mamá Carmen que en ningún momento desde el cielo dejó de cuidarme y protegerme, también a mis queridos padres Mónica Zanini y José Aldana Larraín, les estoy eternamente agradecidos por enseñarme valores como la perseverancia que me permite cumplir con mis metas trazadas, también quiero dedicar mi tesis a mi abuela Victoria Sánchez y a mi tía Martina por enseñarle la bondad y el amor incondicional hacia las personas.

Carmen Victoria Aldana Zanini

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este trabajo tan tedioso y lleno de obstáculos como fue la elaboración de nuestra tesis, es inevitable no sentirnos orgullosas, sensibles y emocionadas al ver que todo nuestro esfuerzo y dedicación para lograr concluir este trabajo de investigación ha sido culminado con éxito y queremos hacer un agradecimiento de manera especial al señor Nicolás y al señor José unos agricultores de la localidad de Pacora que nos brindarnos un espacio donde pudimos realizar la siembra de nuestras hortalizas y por apoyarnos con el cuidado de esta siembra cuando más lo necesitamos y agradecemos a cada persona que nos apoyó de manera incondicional durante estos cinco años de carrera en los cuales hemos adquirido los conocimientos necesarios para lograr ser unas profesionales de éxito.

Betsabé y Carmen

ÍNDICE DE CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN (COPIA)	3
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	10
DEDICATORIAS	11
AGRADECIMIENTOS	12
ÍNDICE DE CONTENIDO	13
ÍNDICE DE TABLAS	15
ÍNDICE DE FIGURAS	16
ÍNDICE DE ANEXOS	16
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
INTRODUCCIÓN	19
I. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS	22
1.1. Antecedentes	22
1.2. Bases Teóricas.....	24
1.2.1. Bioacumulación.....	24
1.2.2. Hortalizas	24
1.2.3. Rabanito	24
1.2.3.1. Características botánicas.....	24
1.2.3.2. Periodo de cultivo.....	24
1.2.4. Lechuga.....	25
1.2.4.1. Características botánicas.....	25
1.2.4.2. Periodo de cultivo.....	25
1.2.5. Arsénico	25
1.2.5.1. Descripción.....	25
1.2.5.2. Efectos en la salud de las personas	25
1.2.6. Plomo	26
1.2.6.1. Descripción química.....	26
1.2.6.2. Efectos en la salud de las personas	26
1.3. Operacionalización de variables	26
1.4. Hipótesis.....	26
II. METODOLOGÍA Y MATERIALES	27
2.1. Diseño de contrastación de hipótesis	27
2.2. Población y Muestra.....	27

2.2.1. Población.....	27
2.2.2. Muestra	27
2.3. Técnicas, Instrumentos, Equipos y Materiales de Recolección de Datos	27
2.3.1. Materiales y equipos de laboratorio.....	27
2.3.1.1. Equipos e Instrumentos.....	27
2.3.1.2. Materiales.....	28
2.3.1.3. Materiales de referencia.....	28
2.3.1.4. Reactivos	28
2.3.1.5. Soluciones	28
2.3.1.6. Estándares.....	29
2.3.2. Técnicas e instrumento	29
2.3.2.1. Instrumento.....	29
2.3.2.2. Técnicas.....	29
2.3.3. Método de análisis.....	29
2.3.3.1. Análisis.....	29
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	38
3.1. Evaluación de la concentración de metales pesados en rabanito	38
3.2. Evaluación de la concentración de metales pesados en lechuga.....	39
3.3. Caracterización del agua usada para riego en Pacora-Lambayeque	40
IV. CONCLUSIONES	41
V. RECOMENDACIONES	42
VI. BIBLIOGRAFÍA	43
VII. ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	20
Tabla 2. Análisis de arsénico y plomo en hortalizas	23
Tabla 3. Longitudes de onda, límites de detección estimados del instrumento y calibración recomendada	31
Tabla 4. Concentraciones de plomo y arsénico en los cultivos de rabanitos en el distrito de Pacora-Lambayeque.	32
Tabla 5. Concentraciones de plomo y arsénico en los cultivos de lechuga en el distrito de Pacora-Lambayeque	33
Tabla 6. Concentraciones de plomo y arsénico en el agua usada para riego de cultivos en Pacora-Lambayeque	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Preparación del terreno	41
Figura 2.	Semillas de rabanito y lechuga	42
Figura 3.	Siembra de la lechuga	42
Figura 4.	Cosecha de la lechuga.....	43
Figura 5.	Toma de muestra de agua de riego	43
Figura 6.	Secado de las muestras de rabanito y lechuga	44
Figura 7.	Trituración de la muestra de rabanito y lechuga.....	45
Figura 8.	Pesado de las muestras	46
Figura 9.	Adición de los reactivos	47
Figura 10.	Digestión de la muestra	48
Figura 11.	Enfriamiento de las muestras	49
Figura 12.	Lectura en el equipo ICP-AES	50

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.	Figuras de la parte experimental	41
ANEXO 2.	Resultados de laboratorio	51

RESUMEN

En el mundo existe una gran problemática con respecto a la contaminación de las hortalizas, esto debido a diversos factores como son las emisiones de las industrias, pH del suelo, tipo de fertilizante utilizado, el agua contaminada de riego, entre otros (Núñez et al., 2008). Pacora y otros distritos de la provincia de Lambayeque no son ajenos a esta problemática, puesto que hay una contaminación hídrica debido a la presencia de metales pesados.

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar la bioacumulación de arsénico y plomo en rabanito (*Raphanus sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), procedentes de Pacora-Lambayeque con respecto a los Límites Máximos Permisibles (LMP). Para este estudio se procedió a evaluar el agua utilizada como fuente de riego para el cultivo de rabanito y lechuga, posteriormente se analizaron diversas muestras de las hortalizas cosechadas para determinar la concentración de metales pesados que fueron procedentes del agua de riego. Se logró caracterizar el agua utilizada como fuente de riego encontrando presencia de arsénico en las siguientes concentraciones: 0.170 ppm en la M₁ y 0.140 ppm en la M₂, dichas cantidades son mayores a los LMP y en cuanto al plomo la concentración no fue significativa. De la misma forma se obtuvieron los resultados de las concentraciones de los metales pesado encontrados en las hortalizas cultivadas, siendo ambas concentraciones elevadas y mayores a los LMP, para el rabanito fue: de 0.4 a 6.022 ppm de plomo y de 0.5 a 2.197 ppm de arsénico; y para la lechuga fue: de 0.659 a 6.484 ppm de plomo y 1.389 a 3.127 ppm de arsénico. Se concluye que los estudios realizados permiten identificar la contaminación por parte del agua hacia los diversos cultivos de hortalizas, y de la misma forma de los alimentos a las personas que la consumen. Por lo que se debe tener en cuenta las fuentes de agua que se van a utilizar en el cultivo de los alimentos y disminuir dichas concentraciones de los metales pesados. La concentración de arsénico y plomo por bioacumulación en rabanito (*Raphanus sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), procedentes de Pacora-Lambayeque según los resultados obtenidos superan significativamente los LMP.

Palabras claves: Bioacumulación, metales pesados, concentraciones, límite máximo permisible.

ABSTRACT

In the world there is a great problem regarding the contamination of vegetables, this due to various factors such as emissions from industries, soil pH, type of fertilizer used, contaminated irrigation water, among others (Núñez et al., 2008). Pacora and other districts of the province of Lambayeque are not immune to this problem, since there is water contamination due to the presence of heavy metals.

The main objective of this research was to evaluate the bioaccumulation of arsenic and lead in radish (*Raphanus sativus*) and lettuce (*Lactuca sativa* L.), from Pacora-Lambayeque with respect to the Maximum Permissible Limits (LMP). For this study, the water used as an irrigation source for the cultivation of radish and lettuce was evaluated, subsequently various samples of the harvested vegetables were analyzed to determine the concentration of heavy metals that were from the irrigation water. It was possible to characterize the water used as an irrigation source, finding the presence of arsenic in the following concentrations: 0.170 ppm in M₁ and 0.140 ppm in M₂, these amounts are greater than the LMP and in terms of lead, the concentration was not significant. In the same way, the results of the concentrations of heavy metals found in the cultivated vegetables were obtained, both being high concentrations and greater than the LMP, for the radish it was: from 0.4 to 6,022 ppm of lead and from 0.5 to 2,197 ppm arsenic; and for lettuce it was: from 0.659 to 6.484 ppm of lead and 1.389 to 3.127 ppm of arsenic. It is concluded that the studies carried out allow the identification of contamination by water towards the various vegetable crops, and in the same way from food to the people who consume it. Therefore, it is necessary to take into account the water sources that are going to be used in the cultivation of food and to reduce said concentrations of heavy metals. The concentration of arsenic and lead due to bioaccumulation in radish (*Raphanus sativus*) and lettuce (*Lactuca sativa* L.), from Pacora-Lambayeque, according to the results obtained, significantly exceed the LMP.

Keywords: Bioaccumulation, heavy metals, concentrations, maximum permissible limit.

INTRODUCCIÓN

En el mundo existe una gran problemática con respecto a la contaminación de las hortalizas, esto debido a diversos factores como son las emisiones de las industrias, pH del suelo, tipo de fertilizante utilizado, el agua contaminada de riego, entre otros (Núñez et al., 2008). Cerca de 600 millones de habitantes en China se encuentran en riesgo de contaminarse con metales pesados debido al 70% del agua contaminada en dicho país. El 20% de las tierras cultivadas se encuentran contaminadas con metales pesados (Rodríguez et al., 2013).

En la ciudad de Monterrey - México, se detectó una concentración alta de aluminio fuera de los límites permisibles en rábano (3.32 mg/L) y brócoli (3.53 mg/L). De igual manera en Grecia se puede observar una gran contaminación con respecto a algunos vegetales como son apio, zanahoria, coliflor, espinaca, lechuga (Fytianos et al., 2001). Cerca de cuatro millones de personas en Latinoamérica, en países como El Salvador, Nicaragua, Perú, Chile, Bolivia y Argentina, consumen aguas contaminadas por arsénico (Bundschuh et al., 2012).

El Perú sobrelleva también esta problemática, ya que, en muchos lugares, se encontraron hortalizas con presencia de metales pesados, como el caso del Valle Higuera (Huánuco), donde se encontró presencia de plomo en lechuga, apio, brócoli y repollo, la cual superó el límite permisible según la Norma de la Unión Europea, esto puede ser debido a que en dicho lugar los cultivos son regados con aguas residuales domésticas y aguas de lluvias (Riveros, 2014).

En la región Lambayeque, se localiza el distrito de Pacora, cuya superficie es de 87.79 Km², representa el 7% del territorio, teniendo una densidad poblacional de 77.4 hab/Km² y contando con una población de 8 829 habitantes (INEI, 2020). Dentro de sus actividades económicas principales se encuentran la apicultura, ganadería (caprinos, ovinos, porcinos) y animales de corral (aves) (Veliz y Segura, 2015).

Como segunda actividad económica principal, tenemos a la agricultura, esta se desarrolla de manera extensiva, con bajos niveles técnicos y bajos niveles de productividad. Si hablamos de este sector podríamos decir que está prácticamente abandonada, pues este no recibe apoyo del gobierno, pues no existe apoyo crediticio ni apoyo con insumos. no

hay capacitaciones en técnicas de frutales y de pan llevar. Entre sus principales productos de cultivo tenemos el maíz, arroz, menestras (frijol de palo, arveja, chileno, entre otras), algodón, entre otros (Veliz y Segura, 2015).

En la región Lambayeque hay poca dotación de agua potable, el 36.2% de la población no cuentan con una red pública de agua disponible. El INEI dio a conocer que, en el distrito de Pacora, 3196 personas que equivale al 47% de su población no cuenta con red pública de agua.

El recurso hídrico del distrito de Pacora proviene del río La Leche. En la costa peruana es normal la escasez de agua entre los meses de mayo a diciembre, y la abundancia de agua durante los meses de enero y abril, lo que no resulta favorable para dicho distrito. Uno de los caseríos más afectado por esta problemática es Huaca Bandera y debido a la falta de agua la agricultura y la ganadería en este lugar están en peligro (Diaz, 2016).

En el 2019, el “Centro de Investigaciones Tecnológicas Biomédicas y Medioambientales (CITBM)” de la UNMSM, tomaron muestras de 11 pozos de agua del distrito para determinar la presencia de metales pesados. Según los resultados, 6 pozos arrojaron concentraciones de arsénico por encima de los LMP: Pueblo Viejo (0.160 mg/L), Puente Machuca (0.143 mg/L), Estadio (0.133 mg/L), Pozo 1 (0.051 mg/L), Casa Embarrada (0.035 mg/L) y Las Juntas (0.014 mg/L) (MCLCP, 2019). Estos valores se ubican por encima de los LMP según la OMS (0.01 mg/L de arsénico), esto ha causado una alarma en los pobladores del distrito de Pacora (OMS, 2018).

Como consecuencia a este problema de contaminación del agua, se declaró en Estado de Emergencia a Pacora y a otros distritos de la provincia de Lambayeque, mediante el Decreto Supremo N°143-2020-PCM. Por este motivo esta investigación se centrará en la evaluación de la bioacumulación de arsénico y plomo en rabanito y lechuga, hortalizas procedentes de Pacora-Lambayeque, con el fin de determinar si existe la presencia de dichos metales y si cumplen con los LMP según la Norma Europea.

Según lo manifestado anteriormente, la presente investigación aborda el siguiente problema: ¿En qué medida la concentración por bioacumulación de arsénico y plomo en rabanito (*Raphanus sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), procedentes de PacoraLambayeque superan los Límites Máximos Permisibles?

Para este estudio se planteó como objetivo general: Evaluar la concentración por bioacumulación de arsénico y plomo en rabanito (*Raphanus sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), procedentes de Pacora-Lambayeque con respecto a los Límites Máximos Permisibles. Como también se planteó los siguientes objetivos específicos: caracterizar los cultivos de rabanitos en el distrito de Pacora-Lambayeque; caracterizar los cultivos de lechuga en el distrito de Pacora-Lambayeque; caracterizar el agua usada para riego en Pacora-Lambayeque.

I. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS

1.1. Antecedentes

Vásquez et al. (2019), determinaron las concentraciones de Pb en las lechugas de la comunidad de Balzay Alto (Ecuador). Para este estudio se sembraron doce lechugas en camas con pallets (2) y malla orgánica, en condiciones de cielo abierto (CA) y en invernadero. Se hizo un análisis fisicoquímico del sustrato y a las 14 semanas se tomaron como 8 plantas-muestras de cada cama de lechuga para determinar la cantidad de Pb. Se utilizó para los procesamientos de datos y los análisis estadísticos, el software Excel versión 2016. En los resultados con respecto al análisis fisicoquímico del sustrato del suelo se obtuvieron un pH de 6.2, 30.67% de materia orgánica, 4636.8 mg/Kg de calcio y 77.2 mg/Kg de fósforo, niveles altos y 17.6 mg/Kg de Pb. Con respecto a la concentración de Pb en la lechuga, en CA y en invernadero se tuvieron como valores promedios 0.087 y 0.066 mg/Kg; con valores máximos de 0.26 y 0.19 mg/Kg respectivamente. Concluyendo que, la concentración de Pb en las lechugas cultivadas a CA es mayor que en invernadero, estos valores están dentro de los LMP establecidos por la FAO y OMS con 0.30 mg/Kg.

Pila (2016), determinó Pb y Cd en lechuga y zanahoria convencional y orgánica. La investigación tuvo dos fases de estudio, en campo y en laboratorio. Las muestras de las hortalizas fueron recolectadas en la Parroquia El Quinche (Ecuador), para el análisis de los metales se hizo mediante espectrofotometría. Según los resultados obtenidos, las concentraciones de Pb y Cd para, la lechuga convencional fueron 0.21 y 0.05 mg/Kg, y para la orgánica con 0.28 y 0.03 mg/Kg, rangos tolerables según la FAO (CODEX), cuyas concentraciones máximas son 0.30 y 0.20 mg/Kg respectivamente; y con respecto a la zanahoria convencional fueron 0.12 y 0.07 mg/Kg y para la orgánica con 0.19 y 0.05 mg/Kg respectivamente, las concentraciones de Pb superaron el límite establecido por la FAO (CODEX) de 0.10 mg/Kg, caso contrario, para el Cd, que no superaron el límite de 0.10 mg/Kg.

Olivares et al. (2013), determinó la presencia de cobre (Cu), plomo (Pb), cadmio (Cd) y zinc (Zn) en suelos y hortalizas sembradas en La Habana (Cuba). Se eligieron 17 fincas del lugar en un radio de 2 Km aproximadamente, empezando desde un vertedero de la "Calle 100" en dicha ciudad, de enero a marzo del 2007, utilizando 73 muestras; se encontraron concentraciones de 0.24-2.1 mg/Kg en Cd, 38.4-81.3

mg/Kg en Cu, 18.1-138.5 mg/Kg en Pb y 44.1-294.7 mg/Kg en Zn. Encontrándose en algunas fincas problemas mayores en las concentraciones de Zn y Pb, donde sus rangos superaron en un 35% y 52% los LMP en suelos de cultivo y más aún para el Pb, el 23% de los suelos superaron los niveles fitotóxicos y otros límites internacionales. Concluyendo que, doce muestras (12%) de las 73 sobrepasaron los LMP de contaminantes metálicos en alimentos, valores establecidos según la Norma Cubana NC N°493 del 2006.

Córdova (2019), determinó la concentración de metales pesados en hortalizas (espinaca, rabanito y lechuga) regadas con los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la comunidad de Totora (Ayacucho). Realizaron los análisis de Cd, Cr y Pb, mediante la Técnica por ICP-OES. La absorción de Cd en espinaca fue 0.42 mg/Kg (supera LMP), lechuga 0.176 mg/Kg (ligeramente por debajo de LMP), rabanito <0.10 mg/Kg (menor LMP). En Cr fue, lechuga 2.63 mg/Kg, espinaca 1.04 mg/Kg y rabanito 1.00 mg/Kg, las tres hortalizas superan los LMP. En Pb, las concentraciones en hortalizas superaron los LMP; contemplando al finalizar este estudio, realizar una investigación en otras hortalizas debido a las altas concentraciones de metales pesados que superaron los LMP.

Asencios (2017) determinó la acumulación de Pb y Cd en rabanito provenientes de Huari (Ancash). El rábano tuvo concentraciones de Pb y Cd en su compost de 35.34 y 1.38 mg/Kg y en suelo fue de 26.63 y 0.55 mg/Kg. En conclusión, las concentraciones de Pb en el rábano se encuentran por debajo de LMP, caso contrario de las concentraciones de Cd que superan la LMP, establecidos por la Norma Española R.D 865/2010, con 45 mg/Kg y 0.7 mg/Kg, respectivamente.

Riveros (2014), determinó los niveles de concentración de metales pesados en las hortalizas, regadas del río Higuera (Huánuco), estos cultivos hortícolas (lechuga, apio, repollo, brócoli) vienen siendo contaminados con Pb, Cd, As y Hg, debido a la utilización de las aguas del río. Se determinó que las concentraciones de Cd en el agua del río, estuvieron cercanas a los LMP. La lechuga y apio después de 74 días del trasplante presentaron 0.40 y 0.30 mg/Kg de Cd, en peso fresco; superando los límites de la Norma de la UE. Luego del estudio se llegó a la conclusión que la lechuga acumuló mayor concentración de metales pesados que otras hortalizas.

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. Bioacumulación

La bioacumulación es “el aumento de la concentración de productos químicos en los organismos vivos (humanos, animales, plantas, entre otros) en comparación con la concentración de productos químicos en el medio ambiente durante un determinado período de tiempo (Angelova et al.,2004)

1.2.2. Hortalizas

La Fundación Española de Nutrición - FEN, las define como plantas comestibles cultivadas en alguna huerta con fines de comercialización en mercados internos y externos. Las hortalizas poseen gran variedad lo que las ayuda a tener diferentes propiedades nutricionales además de que hay diferentes hortalizas para todo tipo de paladares; gracias a su sabor y a la variedad de platos en los que las hortalizas pueden prepararse es que forman una parte fundamental en nuestra alimentación y son sumamente saludables (UNODC, s.f.).

1.2.3. Rabanito

1.2.3.1. Características botánicas

Aunque no se sabe a ciencia cierta el origen de los rábanos se cree que cada uno de ellos viene de diferentes lugares; por ejemplo, los rábanos grandes pueden ser provenientes de Japón o China, mientras que los pequeños serían provenientes de la región mediterránea. Este tipo de hortaliza tiene la capacidad de crecer rápidamente y de adaptarse en diferentes lugares, pero siempre que haya disponibilidad de riego de agua constante (Avila, 2014).

1.2.3.2. Periodo de cultivo

Según Mortensen (1980), las mejores estaciones para la siembra de rabanito son: primavera, otoño e invierno. Los rábanos se siembran en líneas de 50 cm para que puedan desarrollarse mejor, en cambio la semilla de rabanito suele ser al voleo, siempre teniendo en cuenta el constante raleo del terreno para que tengan un buen desarrollo.

1.2.4. Lechuga

1.2.4.1. Características botánicas

Raíz pivotante y muchas raíces laterales posee esta hortaliza proveniente de las Compositae (Tarigo et al., 2004). Las lechugas se caracterizan por tener tallos pequeños y abundantes hojas en forma de roseta y varían en forma, color, textura y tamaño (Galván et al., 2008).

1.2.4.2. Periodo de cultivo

Esta hortaliza es muy adaptable al medio ambiente que la rodea, pudiendo aguantar climas templados y climas cálidos, para un mejor crecimiento durante el día tienen que tener una temperatura de 18 a 23°C y durante la noche una temperatura de 7 a 15°C; su temperatura no puede ser mayor a 30°C ni menor a 6°C (Quintero et al., 2011). Entre 90 a 100 días, debe de transcurrir para obtener una buena cosecha y con un tiempo máximo de 2 meses para cosechar, antes de que pueda amargar (Cali, 2011).

1.2.5. Arsénico

1.2.5.1. Descripción

Tercer elemento químico, constituyente del Grupo VA en la tabla periódica, de número atómico 33, con peso atómico de 74.92 g/mol, con valencias de 3 y 5. Presenta un punto de fusión de 817°C (a 37 atm), de sublimación a 615°C (sin ebullición) y con una densidad de 5.7 g/cm³. Se oxida al exponerse al aire húmedo, es de superficie cubierta con una capa de anhídrido arsenioso, muy tóxico (Chuco y Yapuchura, 2019).

1.2.5.2. Efectos en la salud de las personas

(Marruecos et al., 1993). La arsenicosis (hidroarsenicismo crónico) es una patología de elevadas concentraciones de arsénico inorgánico expuesto a las personas en comida, aire y agua; también se puede contaminar, al tener contacto con la piel, del agua o del suelo que contenga arsénico.

Presenta diferentes daños en la salud, tales como patologías respiratorias, cardiovasculares, irritaciones al estómago y a los intestinos, también el menoreamiento de la producción de glóbulos rojos y blancos, infertilidad y abortos, modificación del ADN y efectos cancerígenos (pulmón, vejiga y piel) entre otras.

1.2.6. Plomo

1.2.6.1. Descripción química

El plomo es “el quinto elemento del grupo IVA en la tabla periódica, de número atómico 82, de peso atómico 207.9 g/mol y con valencia de 2 y 4. Es uno de los metales pesados más tóxicos, maleable, blando y dúctil, cuyo punto de ebullición es de 1749°C y de fusión 327°C, y presenta una alta densidad de 11.3 g/cm³” (Laguna y Ricaldi, 2017)

1.2.6.2. Efectos en la salud de las personas

Según Prieto et al. (2009), en los seres humanos el plomo puede producir variedad de efectos biológicos según el grado de exposición y permanencia del plomo en el organismo generalmente este puede producir cambios morfológicos y hasta la muerte, los efectos de segundo plano que podría producir es una baja de hemoglobina, produciendo así una anemia crónica. Puede causar retraso físico o mental en bebés y niños, puede causar dificultades de atención y aprendizaje, y puede causar enfermedad renal y presión arterial alta en adultos.

1.3. Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

Objeto de estudio	Variabes	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Rabanito	Bioacumulación de arsénico	Concentraciones	ppm	Espectrofotometría	Espectrofotómetro (ICP-OES con Emisión Óptico)
Lechuga	Bioacumulación de plomo				

1.4. Hipótesis

La concentración de arsénico y plomo por bioacumulación en rabanito (*Raphanus sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), procedentes de Pacora Lambayeque superan significativamente los Límites Máximos Permisibles.

II. METODOLOGÍA Y MATERIALES

2.1. Diseño de contrastación de hipótesis

Se analizaron las muestras de rabanito y lechuga para evaluar si la concentración por bioacumulación de arsénico y plomo supera los Límites Máximos Permisibles usando espectrofotómetro ICP (Plasma de Acoplamiento Inductivo) - OES (con Emisión Óptica).

Principio de la Técnica

Técnica basada en la emisión de fotones de átomos excitados por un plasma altamente energético y eléctricamente neutro de argón, conectado a corriente continua o a campos electromagnéticos de alta frecuencia, alcanzando temperaturas de hasta 7800°C, cuya información es procesada por sistemas informáticos.

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

Rabanitos y lechugas cultivados en los centros poblados del distrito de Pacora - Lambayeque, en donde se encontraron la presencia de arsénico en el agua.

2.2.2. Muestra

Se analizaron 5 muestras de rabanitos y 5 de lechugas procedentes de los centros poblados del distrito de Pacora - Lambayeque, en donde se encontraron la presencia de arsénico en el agua.

2.3. Técnicas, Instrumentos, Equipos y Materiales de Recolección de Datos

2.3.1. Materiales y equipos de laboratorio

2.3.1.1. Equipos e Instrumentos

- Agitador magnético
- Matraces volumétricos PYREX de 25, 50 y 100 mL
- Cocina
- Estufa
- Balanza analítica con 0.0001 g de precisión
- Plancha calefactora
- Refrigeradora
- Espectrómetro de Emisión Óptica (ICP-OES)

- Horno digestor
- Micropipetas de 10-100, 100-1000 μL
- Puntas para micropipeta de 10-100, 100-1000 μL
- Tubos de ensayo
- Dosificador de 1 a 10 mL y de 5 a 50 mL
- Vasos de precipitación PYREX de 10, 100 y 600 mL
- Papel Whatman #2
- Pipetas Pasteur S. Reactivos
- Embudos de vidrio

2.3.1.2. Materiales

- Guantes
- Batas de laboratorio
- Mascarilla
- Cofia
- Lentes
- Bolsas de polietileno

2.3.1.3. Materiales de referencia

- Solución estándar multielemental de plomo de 100 $\mu\text{g/mL}$
- Solución estándar multielemental de arsénico de 1000 $\mu\text{g/mL}$

2.3.1.4. Reactivos

- Ácido nítrico SUPRAPUR al 65%
- Agua desionizada
- Borohidruro de sodio 99%
- Hidróxido de sodio GR

2.3.1.5. Soluciones

- Ácido nítrico (HNO_3) al 1%: Colocar 5 mL de HNO_3 en un vaso de precipitación de 600 mL y añadir 495 mL de agua desionizada, agitar.
- Ácido clorhídrico (HCl) al 1%: Diluir 10 mL de HCl ACS a 100 mL con agua desionizada.

- Hidróxido de sodio (NaOH) al 0.2% (P/V). Pesar 0.5 g de NaOH y diluir a 100 mL con agua desionizada.
- Borohidruro de sodio (NaBH₄) al 0.3% (P/V). Pesar 0.8 g de NaBH₄, disolver con NaOH al 0.2% y llevar a un volumen de 250 mL con agua desionizada, se debe preparar 1 hora antes de su uso.

2.3.1.6. Estándares

- Solución de trabajo de metales pesados de 5 µg/mL.

Tomar 2.5 mL de la solución patrón de 100 µg/mL multielemento colocarla en un matraz de 50 mL, añadir 0.25 mL de la solución de arsénico de 1000 µg/mL y aforar con HNO₃ al 1%.

- Solución de trabajo de mercurio de 1 µg/mL.

Diluir 50 mL de la solución patrón de 1000 µg/mL en un matraz de 50 mL y aforar con HCl al 1%.

2.3.2. Técnicas e instrumento

2.3.2.1. Instrumento

Espectrofotómetro ICP-OES (con Emisión Óptico).

2.3.2.2. Técnicas

Tabla 2 *Análisis de arsénico y plomo en hortalizas*

Análisis	Método	LPM
Determinación de arsénico	Método espectrofotómetro ICP - OES	0.015 ppm
Determinación de plomo	Método espectrofotómetro ICP - OES	0.025 ppm

2.3.3. Método de análisis

2.3.3.1. Análisis

Determinación de metales en aguas PEQ6-5.4-01

A. Principio

Esta técnica consiste en el análisis de muestras líquidas, que por medio de una bomba peristáltica son trasladadas a un sistema nebulizador y son transformadas en

aerosol, mediante el gas argón y luego de esta acción son transportados a una antorcha del plasma, acoplado inductivamente por radio frecuencia. En el plasma, debido a las altas temperaturas, los analitos son atomizados y ionizados generando espectros de emisión atómicos (radiaciones de longitudes de onda fijas) de líneas características; estos son dispersados por la red de difracción y el detector sensible a la luz mide las intensidades de las líneas, esta información es procesada y calculada mediante curvas de calibración, obteniendo la concentración de cada elemento análisis.

B. Equipos y suministros

1. Espectrómetro de Emisión Óptica ICAP 6500 DUO con Plasma de Acoplamiento Inductivo
 - a. Sistema de nebulización.
 - b. Caja de antorcha.
 - c. Sistema óptico.
 - d. Sistema de bombeo, bomba peristáltica de velocidad variable, es requerida para distribuir tanto los estándares como las muestras al nebulizador.
 - e. Sistema de enfriamiento (chiller).
 - f. Autosampler
 - g. Sistema de extracción
 - h. Nebulizador ultrasónico
 - i. Humidificador de argón
 - j. Generador de hidruros
 - k. Sistema de gases, abastecimiento de gas argón, grado ultra puro (99.99%).
2. Bloque de digestión, temperatura ajustable capaz de mantener temperatura de operación de 95°C.
3. Micropipetas de 0.1 mL, 1.0 mL, 5.0 mL y sus respectivos tips descartables.
4. Materiales, para determinación de los elementos en niveles traza, la contaminación y las pérdidas son de consideración primaria. Las fuentes de contaminación incluyen: material de laboratorio mal lavado, y contaminación

en general en los ambientes de laboratorio como polvo, entre otros. Un área de trabajo en el laboratorio, limpia diseñada para el manejo de muestras de elementos trazas debe de ser usada. Los recipientes de las muestras pueden presentar errores positivos y negativos en la determinación de trazas de elementos. Varios procedimientos encontrados para proveer la limpieza incluyen, lavado con una solución de detergente, enjuagando con agua de caño, remojando por cuatro horas o más en 20%(V/V) de ácido nítrico o una mezcla de HNO_3 y HCl (1+2+9), luego enjuagando con agua de reactivo.

- a. Matraces volumétricos, embudos, (vidrio y/o plástico libre de metal).
- b. Pipetas calibradas (varios volúmenes)
- c. Tubos de digestión, de 50 mL, con respectivas tapitas.
- d. Frascos de boca angosta para almacenaje, de FEP (Fluorinated Ethylene Propylene), de 125 mL a 1 L de capacidad.
- e. Piseta plástica para lavado de FEP.

5. Reactivos

Los reactivos pueden contener impurezas de algunos elementos que podrían afectar los resultados. Sólo los reactivos de alta pureza certificadas deberían ser usados siempre que sea posible. Si la pureza de un reactivo es dudosa, analice si existe contaminación. Todos los ácidos usados para este método deben ser de grado de alta pureza o su equivalente. Los ácidos redestilados preparados por destilación de sub-ebullición son aceptables.

a. **Ácido clorhídrico concentrado (sp.gr. 1.19) – HCl**

- ☩ Ácido Clorhídrico (1+1) - Agregar 500 mL de HCl conc. a 400 mL de agua de reactivo y diluir a 1 L.
- ☩ Ácido Clorhídrico (1+4) - Agregar 200 mL de HCl conc. a 400 mL de agua de reactivo y diluir a 1 L.
- ☩ Ácido Clorhídrico (1+20) - Agregar 10 mL de HCl conc. a 200 mL de agua de reactivo.

b. Ácido nítrico concentrado (sp.gr. 1.41) - HNO₃

‡ Ácido nítrico (1+1) – Agregar 500 mL de HNO₃ conc. a 400 mL de agua de reactivo y diluir a 1 L.

‡ Ácido nítrico (1+2) – Agregar 100 mL de HNO₃ conc. a 200 mL de agua de reactivo.

‡ Ácido nítrico (1+5) – Agregar 50 mL de HNO₃ conc. a 250 mL de agua de reactivo.

‡ Ácido nítrico (1+9) – Agregar 10 mL de HNO₃ conc. a 90 mL de agua de reactivo.

c. Agua reactiva. Todas las referencias para el agua en este método se refieren a ASTM agua de grado Tipo I.

d. Hidróxido de amonio concentrado (sp. gr. 0.902).

e. Ácido tartárico, grado reactivo ACS.

f. Peróxido de hidrógeno, 50%, grado reactivo.

g. Soluciones Estándares Stock. Los estándares stock pueden ser comprados o preparadas de grado químico ultra pura (pureza 99.99 - 99.999%), considerar estándares comerciales de lotes diferentes para la preparación de curva de calibración y los estándares de verificación. Se recomiendan que las soluciones stock sean almacenadas en botellas de polietileno. Reemplazar las soluciones estándares stock cuando las sucesivas diluciones para la preparación de los estándares de calibración no pudieron ser verificadas.

C. Procedimiento de preparación de muestras

† Preparación de Muestras Sólidas: Metales Totales

Para esta determinación se mezcla la muestra y se pesa una porción. Para muestras con <35% de humedad estimada, es suficiente pesar 20 g. Para muestras con la humedad estimada > 35%, se requiere una mayor alícuota 50100 g. La muestra se seca a 60°C para evitar la pérdida de mercurio y otros compuestos metálicos volátiles posible, para facilitar tamizado, y para preparar la muestra para la molienda.

Para alcanzar homogeneidad, se tamiza la muestra seca usando un tamiz de polipropileno 5 de malla, se muelen en un mortero (El tamiz, mortero deben ser limpiados entre muestras). Pesar una alícuota con precisión una cantidad de 1.0 ± 0.01 g (W), transferir a un beaker de 250 mL para la extracción de ácidos.

Añadir 4 mL de HNO_3 (1 + 1) y 10 mL de HCl (1 + 4), cubrir el borde del vaso con un vidrio de reloj y colocar sobre una placa caliente ajustada a 85°C/30 min., (la temperatura de reflujo que alcanza la muestra es de aproximadamente 95°C). Dejar que la muestra se enfríe y transferir la solución a un matraz aforado de 100 mL, diluir a volumen con agua para reactivos, tapar y mezclar, dejar reposar toda la noche, centrifugar o filtrar para separar el material insoluble.

El extracto de la muestra ya está listo para el análisis. Debido a que los efectos de las diversas matrices sobre la estabilidad de las muestras diluidas no se pueden caracterizar, todos los análisis deben realizarse tan pronto como sea posible después de la preparación.

† Análisis de la muestra

- a. Colocar las muestras preparadas, estándares, blancos, patrones, dentro de las gradillas del automuestreador.

b. Determinada la muestra, si las concentraciones del analito son el 90 % o más del límite superior del analito LDR debe ser diluida con el agua de reactivo que ha sido acidificada de la misma manera para el blanco de calibración y analizada. c. En estas circunstancias los límites de detección del analito son levantados y determinados por otro procedimiento aprobado que es más sensible.

D. Resultados

- † Dato de muestra tendría que tener unidades de mg/L para muestras acuosas y mg/Kg de peso seco para muestras de sólidos y lodos.
- † Para metales disueltos y metales totales en solución acuosa, informar el dato que se obtuvo directamente del instrumento, considerando la dilución de la muestra. No informe analitos con concentraciones bajo el LDM.

$$\mu\text{g/L ó mg/L} = \text{Conc}_{\text{obtenida}} \times \text{Dilución}$$

- † Para analitos con LDMs <0.01 mg/L, los valores alrededor del dato detallan concentraciones del analito hasta con tres cifras significativas. Para analitos con LDMs ≥ 0.01 mg/L, los valores alrededor del dato informar concentraciones hasta tres cifras significativas.
- † Para analitos totales en muestras de sólidos y lodos informar concentraciones del analito hasta con tres cifras en mg/Kg en base de peso seco. Se calcula la concentración de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$C_s = \frac{C \cdot V \cdot D}{W}$$

Dónde:

C_s = concentración de Muestra (mg/kg, base de

peso seco) C = Concentración en extracto (mg/L)

V = Volumen de extracto (L, 100 mL = 0.1L)

D = factor de Dilución (undiluted = 1)

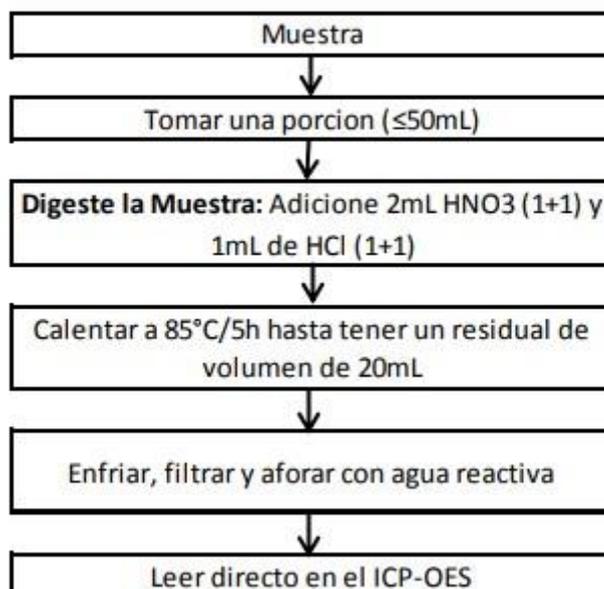
W = Peso seco de muestra aliquot extraído (kg, 1g = 0.001kg)

E. Diagrama de flujo

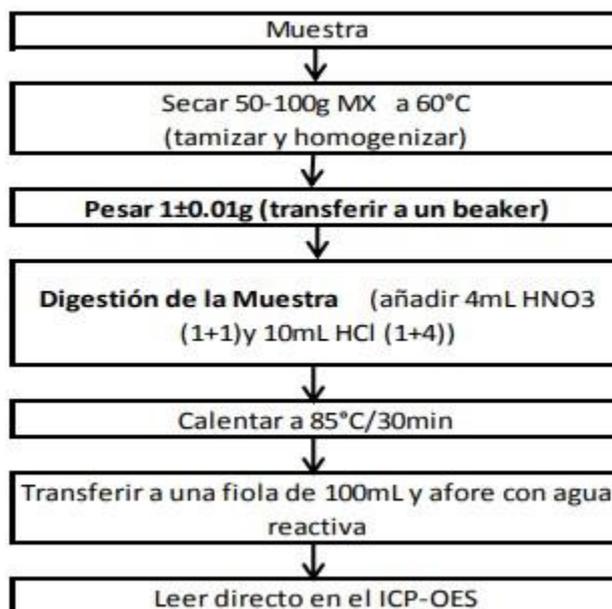
1. Muestras con Turbidez <1NTU



2. Muestras con Turbidez >1NTU



3. Muestras Sólidas



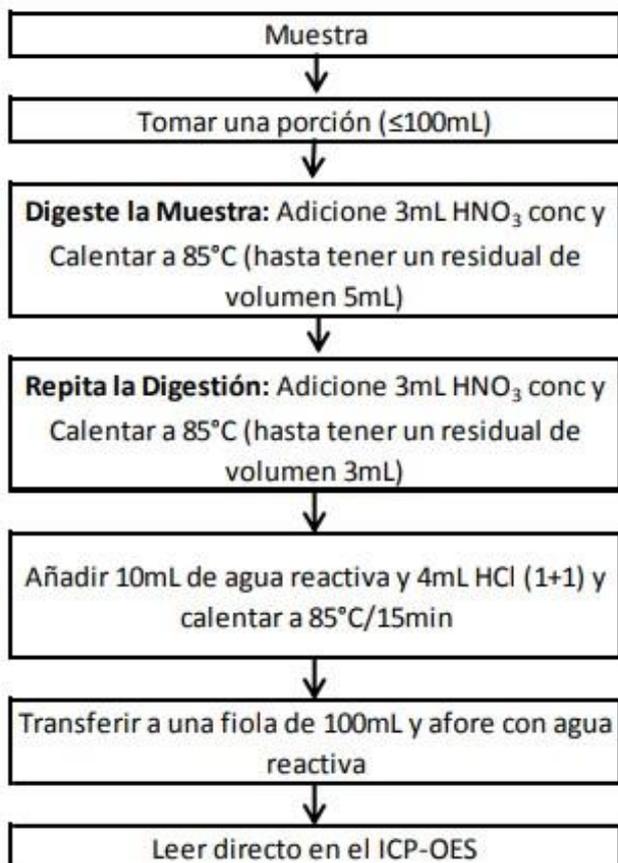
4.1 Lodos (Mx contienen TSS \geq 1% (w/v))**4.2 Lodos (Mx contienen TSS<1% (w/v))**

Tabla 3 Longitudes de onda, límites de detección estimados del instrumento y calibración recomendada

Analyte	Wavelength ^a (nm)	Estimated Detection Limit ^b (µg/L)	Calibrate ^c to (mg/L)
Aluminum	308.215	45	10
Antimony	206.833	32	5
Arsenic	193.759	53	10
Barium	493.409	2.3	1
Beryllium	313.042	0.27	1
Boron	249.678	5.7	1
Cadmium	226.502	3.4	2
Calcium	315.887	30	10
Cerium	413.765	48	2
Chromium	205.552	6.1	5
Cobalt	228.616	7.0	2
Copper	324.754	5.4	2
Iron	259.940	6.2	10
Lead	220.353	42	10
Lithium	670.784	3.7 ^d	5
Magnesium	279.079	30	10
Manganese	257.610	1.4	2
Mercury	194.227	2.5	2
Molybdenum	203.844	12	10
Nickel	231.604	15	2
Phosphorus	214.914	76	10
Potassium	766.491	700 ^e	20
Selenium	196.090	75	5
Silica (SiO ₂)	251.611	26 ^d (SiO ₂)	10
Silver	328.068	7.0	0.5
Sodium	588.995	29	10
Strontium	421.552	0.77	1
Thallium	190.864	40	5
Tin	189.980	25	4
Titanium	334.941	3.8	10
Vanadium	292.402	7.5	2
Zinc	213.856	1.8	5

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Evaluación de la concentración de metales pesados en rabanito

A continuación, se muestran los resultados de la caracterización de las muestras analizadas:

En la Tabla 4, se muestran los resultados de las concentraciones de plomo y arsénico en el rabanito.

Tabla 4 Concentraciones de plomo y arsénico en los cultivos de rabanitos en el distrito de Pacora-Lambayeque.

Muestra	Metales Pesados	
	Plomo (ppm)	Arsénico (ppm)
M ₁	6.022	2.197
M ₂	2.014	1.270
M ₃	1.907	2.130
M ₄	0.400	0.500
M ₅	0.400	0.500

Asencios (2017), realizó diversos tratamientos (T) en los cuales tuvo como resultados una concentración de plomo de rabanito de en el T1 de 2.85 mg/Kg, T2 de 4.00 mg/Kg, T3 de 5.15 mg/Kg y T4 de 4.85 mg/Kg; estos resultados superaron los LMP establecidos por la UE de 0.30 mg/Kg; de la misma manera, la presente investigación, en los análisis de las 5 muestras, también superan los LMP por la UE.

Según menciona Riveros (2014), “debido a las diferentes rutas metabólicas de las hortalizas, los contenidos presentes de metales pesados en el tejido foliar están ligados a los momentos fisiológicos en los que se llevaron a cabo los muestreos”.

3.2. Evaluación de la concentración de metales pesados en lechuga

En la Tabla 5, se muestran los resultados de las concentraciones de plomo y arsénico en la lechuga.

Tabla 5 Concentraciones de plomo y arsénico en los cultivos de lechuga en el distrito de Pacora-Lambayeque

Muestra	Metales Pesados	
	Plomo (ppm)	Arsénico (ppm)
M ₁	6.484	3.127
M ₂	2.159	1.258
M ₃	2.322	2.093
M ₄	2.531	1.767
M ₅	0.659	1.389

Los resultados obtenidos de la concentración de plomo en la lechuga de la investigación realizada, muestran que las 5 evaluaciones se encuentran por encima del LMP por la UE. Según Riveros (2014), en su estudio se obtuvo niveles de

concentración de plomo y arsénico que varían entre 4.2 y 6 mg/Kg, superando de esa forma los niveles máximos permitidos para hortalizas de hoja, según la UE que establece un máximo de 0.30 mg/Kg.

Riveros (2014) menciona que la lechuga es una hortaliza capaz de absorber eficientemente grandes cantidades de plomo de suelos agrícolas contaminados, teniendo un efecto perjudicial durante la cosecha, ya que, debido a la absorción de plomo, disminuye drásticamente su crecimiento fisiológico.

Pila (2016), en su investigación tuvo concentraciones de Pb en lechuga convencional y orgánica, de 0.21 mg/Kg y 0.28 mg/Kg, respectivamente, los cuales se encontraron dentro de los LMP que recomienda FAO (CODEX) con 0.30 mg/Kg, demostrando la no existencia de contaminación por plomo en la hortaliza.

3.3. Caracterización del agua usada para riego en Pacora-Lambayeque

En la Tabla 6, se muestran los resultados de las concentraciones de plomo y arsénico en el agua de riego.

Tabla 6 *Concentraciones de plomo y arsénico en el agua usada para riego de cultivos en Pacora-Lambayeque*

Muestra	Metales Pesados	
	Plomo (ppm)	Arsénico (ppm)
M ₁	<LCM	0.170
M ₂	<LCM	0.140

Con los resultados podemos observar que el plomo no presenta concentración significativa referente a los LMP el cual es de 5 mg/L, en cuanto al arsénico se obtuvo concentraciones mayores respecto al límite establecido por el Ministerio de Agricultura el cual es de 0.01 mg/L, Según Riveros (2014). Así mismo en su estudio realizado demuestra que no existió niveles máximos en cuanto a la concentración de metales pesados como plomo y arsénico.

La contaminación del agua a causa de metales pesados, puede ser de manera natural o mediante diferentes procesos como captación, tratamiento, almacenamiento o distribución, afectando problemáticamente al consumo poblacional (Riveros, 2014).

IV. CONCLUSIONES

- ✚ Se logró caracterizar los rabanitos cultivados en el distrito de Pacora, en cuanto a la concentración de los metales pesados plomo y arsénico, encontrando niveles superiores (0.4 a 6.022 ppm de plomo y de 0.5 a 2.197 ppm de arsénico) a los permitidos para su consumo.

- ✚ Se logró caracterizar la lechuga cultivada en el distrito de Pacora, en cuanto a la concentración de los metales pesados plomo y arsénico, encontrando niveles superiores (0.659 a 6.484 ppm de plomo y 1.389 a 3.127 ppm) de arsénico a los permitidos para su consumo.

- ✚ Finalmente se logró caracterizar el agua usada para riego en el distrito de Pacora, encontrando concentraciones de plomo por debajo de lo establecido y para el arsénico concentraciones mayores (0.170 ppm en la M₁ y 0.140 ppm en la M₂) a las establecidas para su uso alimentario.

- ✚ Se evaluó la concentración por bioacumulación de arsénico y plomo en rabanito (*Raphanus sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), los cuales superan a los Límites Máximos Permisibles.

V. RECOMENDACIONES

- ✚ Realizar análisis previos al uso de diversas fuentes de agua y al mismo tiempo prever tratamientos que permitan reducir los niveles de metales pesados para un uso óptimo en el cultivo de los diversos alimentos.
- ✚ Estandarizar los procesos de diversos cultivos de alimentos, por parte de las autoridades municipales de la región Lambayeque, llevando a cabo análisis minuciosos en laboratorios para determinar la calidad de los recursos y materias primas, así como el uso y las proporciones adecuadas para los cultivos.
- ✚ Continuar con las investigaciones respecto al tema de bioacumulación de metales pesados en alimentos cultivados en zonas de similares condiciones y poder establecer procedimientos estandarizados tanto en el uso de los recursos naturales como las materias primas para el cultivo de los diversos alimentos, ya que dicho consumo de alimentos contaminado con metales pesados en un futuro puede causar daños en la salud de las personas.
- ✚ No utilizar por el momento el agua proveniente del distrito de Pacora como fuente de riego de hortalizas, debido a los altos niveles de plomo y arsénico, que superan los LMP, en rabanito y lechuga.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Angelova, V., Ivanova, R., Delibaltova, V. y Ivanov, K. (2004). Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products*, 19 (3), 197–205. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.10.001>
- Asencios, M. (2017) *Bioacumulación de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en Raphanus Sativus cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Perú]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3488>
- Avila, L. (2014) *Dosis de fertilizante con microorganismos benéficos (ferti em) en el cultivo de rabanito (Raphanus sativus L.) en la provincia de Lamas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín, Perú]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/598>
- Bundschuh, J., Litter, MI, Parvez, F., Román-Ross, G., Nicolli, HB, Jean, J.-S., Toujaguez, R, (2012). One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries. *Science of The Total Environment*, 429, 2-15. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.024>
- Cali, V. (2011) *Efecto del estiércol de lombriz (Eisenia foetida L.) en la producción de cuatro cultivares de lechuga (Lactuca sativa L.)* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/974>
- Chuco, L. y Yapuchura, K. (2019) *Determinación de plomo y arsénico en polvos compactos de seis marcas expendidos en el Cercado de Lima* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10425>
- 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 Totorayacucho 2017-2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3618>
- Díaz, B. (2016) *Proyecto de inversión social para el abastecimiento de agua potable para el caserío de Huaca Bandera – distrito de Pacora – provincia de Lambayeque usando un sistema de bombeo solar* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú]. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/828>

- Fytianos, K., Katsianis, G., Triantafyllou, P. y Zachariadis, G. (2001). Accumulation of heavy metals in vegetables grown in an industrial area in relation to soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 67(3), 0423-0430.
<https://doi.org/10.1007/s001280141>
- Galván, G., García, M. y Rodríguez, J. (2008). *Lechuga, cultivo de hoja*. Facultad de Agronomía. Curso de Horticultura.
- INEI. (2020). *Perú: estimaciones y proyecciones de población por departamento, provincia y distrito, 2018-2020*. Boletín Especial N°26.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf
- Laguna, L. y Ricaldi, E. (2017) *Determinación de plomo y arsénico en lápices labiales de diferentes marcas que se expenden en Lima Metropolitana* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú].
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/6478>
- Marruecos, L., Nogué, S. y Nolla, J. (1993). *Toxicología clínica*. Springer- Verlag Ibérica, Barcelona, España.
- Mesa de Concertación para la Lucha Contra la Pobreza - MCLCP. (2019). *Situación actual sobre la contaminación de agua para consumo humano con arsénico en los distritos de Mórrope, Pacora y otros -2019*. REPORTE N°01-2019/SC/MCLCP. Grupo de Gestión de Riesgos y Cambio Climático.
<https://www.mesadeconcertacion.org.pe/storage/documentos/2020-01-24/reporte-01-2019-sobre-contaminacion-de-agua-morrope-y-pacora-final.pdf>
- Mortensen, E. (1980). *Horticultura Tropical y Subtropical*. Editorial Pax México, pp. 100-102.
- 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*)*. Laboratorio de Química Analítica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 1-8.
- Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito – UNODC. (s.f). *El cultivo de las hortalizas*.
- 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), 285-294. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37028959006>
- Organización mundial de la Salud (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>
- 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 pregrado, Universidad Central del Ecuador, Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10069>
- Prieto, J., González, C., Gutiérrez, A. y García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 29-44. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
- Quintero, I., Zambrano, J., Cabrita, M. y Gil, R. (2011). Evaluación en campo y postcosecha de nueve cultivares de lechuga *Lactuca sativa* L. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 17(6), 482-491. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26376>
- Riveros, F. (2014). Nivel de contaminación con metales pesados en suelos agrícolas y sus efectos en hortalizas en el Valle Higuera, Huánuco. *Investigación Valdizana*, 8(2), 42-49. <https://revistas.unheval.edu.pe/index.php/riv/article/view/274>
- Rodríguez, L., Sun, G., Berg, M., Zhang, Q., Xue, H., Zheng, Q. y Johnson, C. (2013). Groundwater arsenic contamination throughout China. *Science*, 341(6148), 866-8. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1237484>
- Tarigo, A., Repetto, C. y Acosta, D. (2004) *Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de lechuga (Lactuca sativa) a campo* [Tesis de pregrado, Universidad de la República, Uruguay].
- Vásquez, J., Sangurima, C. y Alvarez M. (2019). Concentraciones de plomo (Pb) en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) en Azuay, Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 10(3), 423 – 427. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.13>
- Veliz, J. y Segura, J. (2015) *Red de banda ancha que permita el acceso a los servicios de telecomunicaciones en las localidades del distrito de Pacora región Lambayeque* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/899>
- Método EPA 200.7, Rev. 5.0 2001. Trace elements in wáter, solids, and biosolids by Inductively Coupled Plasma –Atomic Emission Spectrometry

Manual de instrucciones de manejo del Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP) ICAP 6500
DUO ICP-Thermo Scientific (DE-002)

Environmental Series-US EPA Method 200.7 using the ICAP 6500 Duo ICP

VII. ANEXOS

ANEXO 1. Figuras de la parte experimental

Figura 1. Preparación del terreno



Figura 2. Semillas de rabanito y lechuga



Figura 3. Siembra de la lechuga



Figura 4. Cosecha de la lechuga



Figura 5. Toma de muestra de agua de riego



Figura 6. Secado de las muestras de rabanito y lechuga

En estufa a 60°C, por un tiempo de aproximadamente 24 horas.



Figura 7. Trituración de la muestra de rabanito y lechuga

Trituración de la muestra a tamaños de partículas pequeñas para que posteriormente se realice una adecuada digestión.

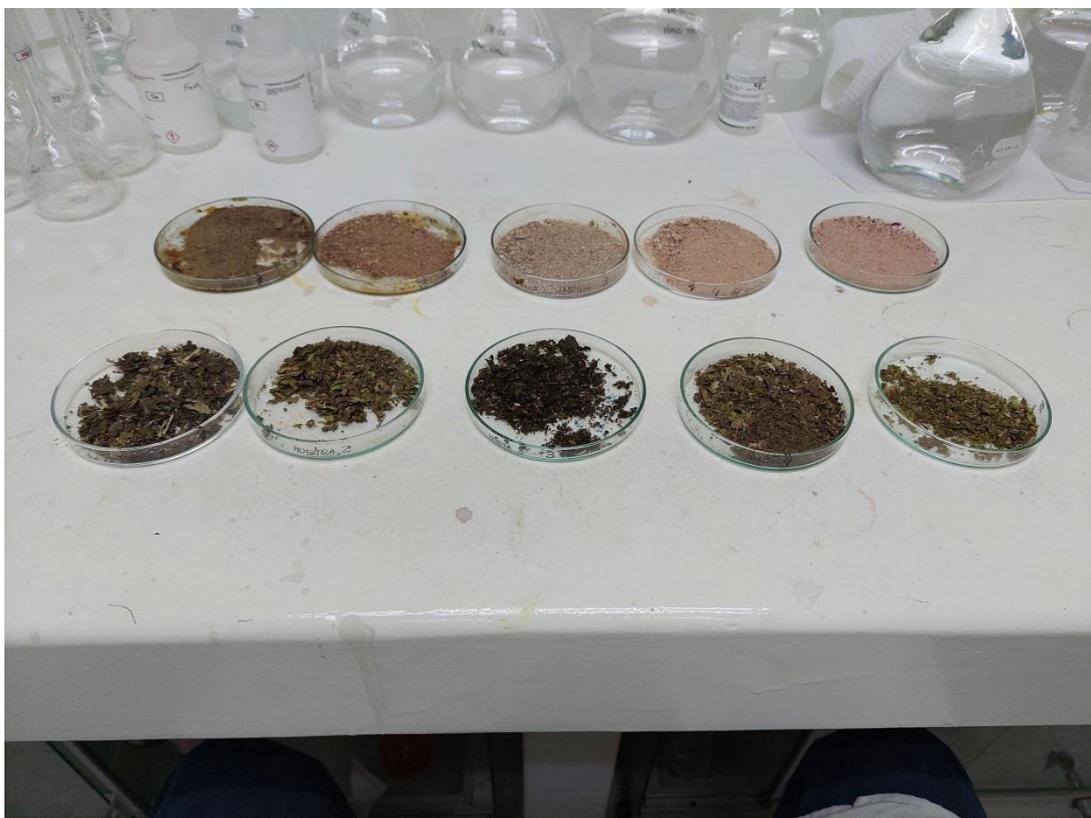
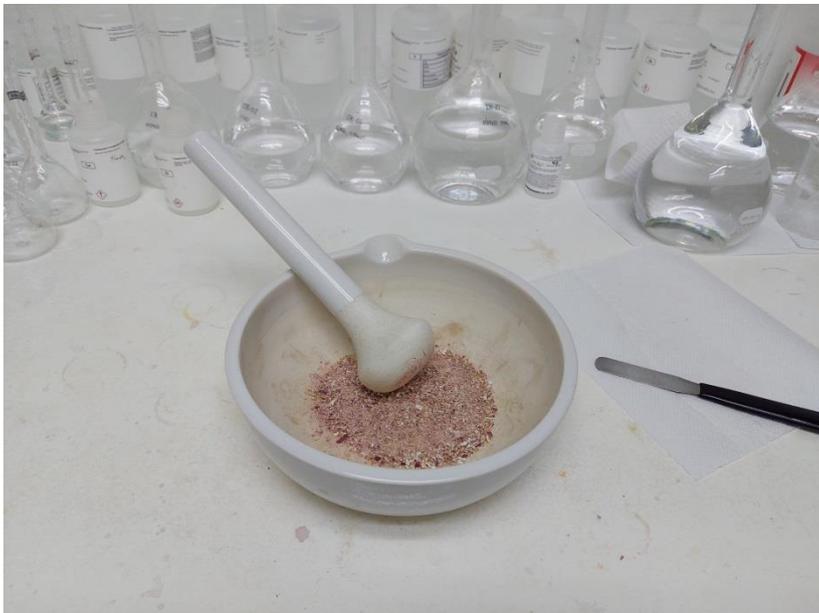


Figura 8. Pesado de las muestras

Pesar aproximadamente 1 gramo de muestra.



Figura 9. Adición de los reactivos

Adición de 4 mL de Ácido nítrico 1:1 y 10 mL de Ácido clorhídrico 1:1.



Figura 10. Digestión de la muestra

A una temperatura de 80°C por un tiempo de aproximadamente 30 minutos.

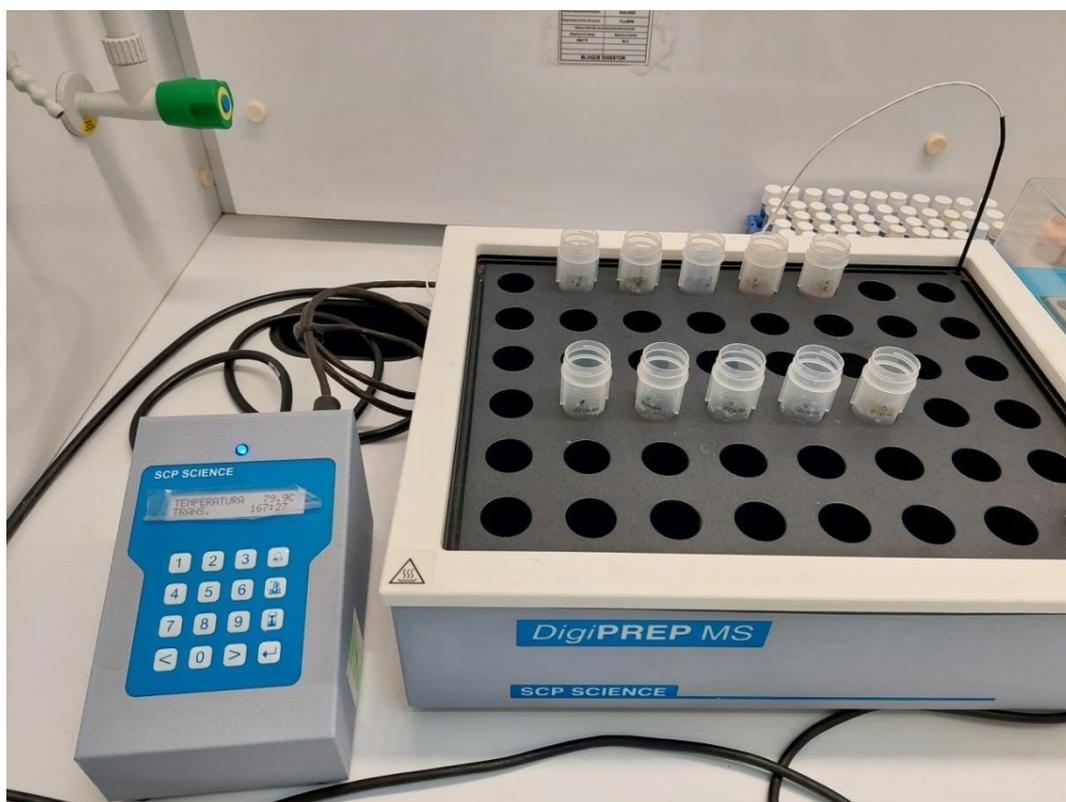
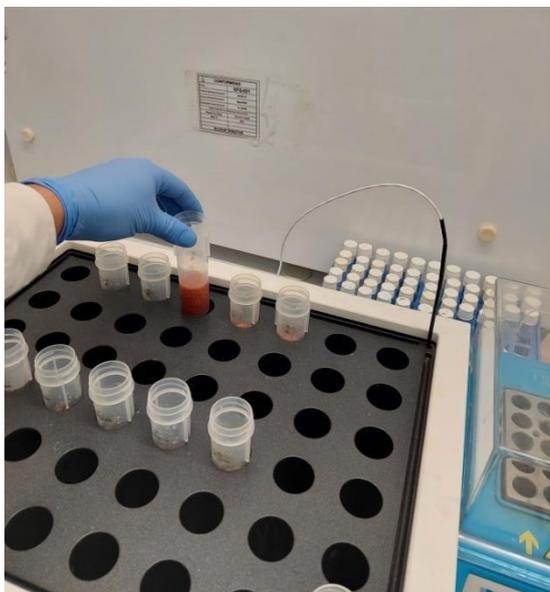


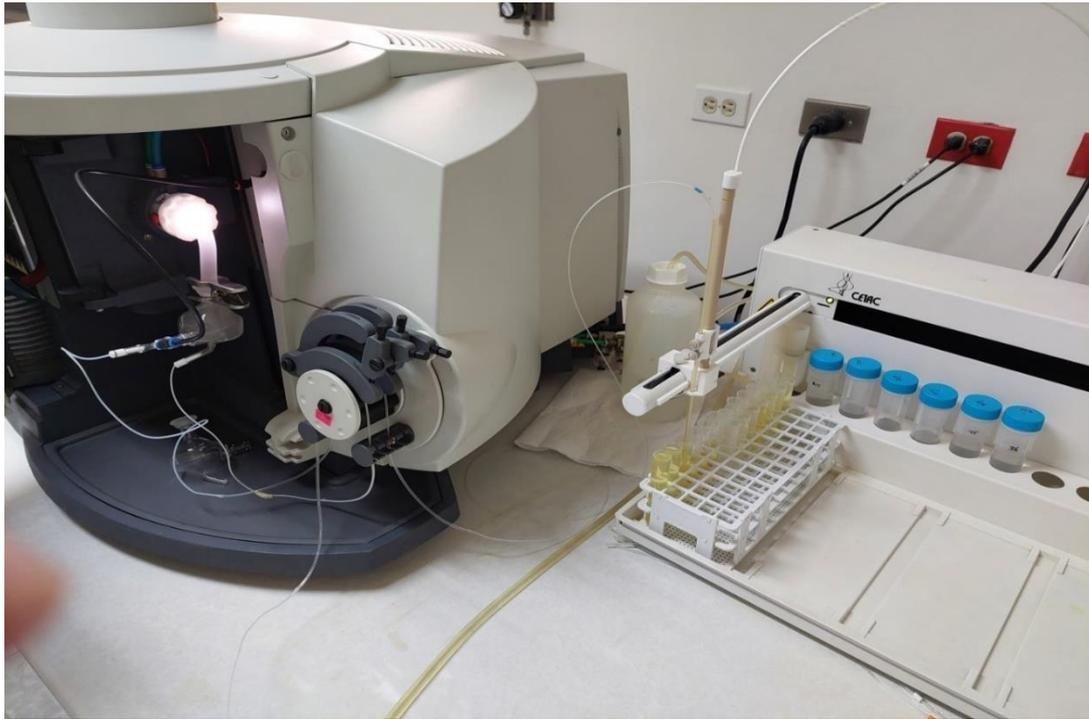
Figura 11. Enfriamiento de las muestras

Enfriar a temperatura ambiente, luego trasvasar a un matraz aforado de 100 mL.



Figura 12. Lectura en el equipo ICP-AES

Colocar en los viales y llevar a lectura en el equipo ICP-AES.



COMP - 007

ITEVA Analista - Validado EPA ILL-EFM 30.04.2022 (Revisión 2)

Método Analizar Resultados Instrumento Herramientas Visualización Ayuda

Elem	Ag3280	Ag3382	Al3082	Al3961	As1890	As1937	As1972	B_2089	B_2496	B_2497	Ba4554	Ba4934	Be2348	Be3130	
Unidades	ppm														
Media	-0002	1455	16.06	15.97	0447	0313	0400	3074	2784	3132	2782	2785	-0446	-0001	
Dev. Est.	0007	0017	20	22	0048	0020	0008	0032	0008	0045	0043	0046	0003	0000	
%RSD	352.0	1.181	1.229	1.385	10.74	6.320	2.011	1.028	2817	1.445	1.561	1.644	6632	7.287	
#1	0003	1468	15.92	15.81	0481	0299	0406	3051	2779	3100	2752	2753	-0448	-0001	
#2	-0007	1443	16.20	16.13	0413	0327	0394	3096	2790	3164	2813	2818	-0444	-0001	
Elem	Cr2055	Cr2835	Cr2843	Cu3247	Cu3273	Fe2382	Fe2395	Fe2599	Hg1849	Hg1942	Hg2536	K_7664	K_7638	Li6103	
Unidades	ppm														
Media	0363	0587	-1052	1215	1214	21.08	21.70	21.12	-0028	-0063	-1494	311.1	326.3	*****	
Dev. Est.	0001	0006	0163	0039	0017	26	15	23	0000	0002	0029	3.3	6.5	-----	
%RSD	2819	1.056	15.50	3.211	1.403	1.243	7017	1.082	3411	1.464	1.361	1.045	1.984	-----	
#1	0362	0582	-0937	1187	1202	20.90	21.59	20.96	-0028	-0062	-1474	308.8	321.7	-----	
#2	0363	0591	-1167	1243	1226	21.27	21.81	21.28	-0028	-0065	-1515	313.4	330.8	-----	
Elem	Ni2303	Ni2316	P_1782	P_1858	P_1859	P_2149	Pb1822	Pb2169	Pb2203	S_1807	S_1820	Sb2068	Sb2175	Se1960	Se2020
Unidades	ppm														
Media	1758	0103	50.93	49.94	52.07	53.71	0451	0649	0420	19.59	20.00	0018	0011	0058	0065
Dev. Est.	0018	0004	.72	15	68	16	0021	0002	0007	.01	.03	0010	0008	0023	0029
%RSD	9989	3.974	1.423	2938	1599	3033	1746	3024	1.747	0624	1508	54.13	79.25	40.39	641.6
#1	1746	0100	50.42	49.73	52.02	53.60	0452	0648	0426	19.58	19.98	0011	0017	0075	-0016
#2	1771	0106	51.44	49.94	52.13	53.83	0450	0651	0415	19.60	20.02	0025	0005	0042	0025
Elem	Ti3775	U_3670	U_4090	V_2924	V_3110	Zn2062	Zn2138								
Unidades	ppm														
Media	-0522	0704	-0181	1266	1435	3899	3968								
Dev. Est.	0001	0039	0021	0008	0010	0019	0015								
%RSD	2.285	5.530	11.36	6355	6739	4997	3855								
#1	0523	0701	-0196	1272	1428	3911	3967								
#2	0521	0676	-0167	1260	1442	3856	3945								

ANEXO 2. Resultados de laboratorio


LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
 GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0322195
DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **Carmen Victoria Aldana zanini/Betsabé Giuliani Ramos Villegas**
 Dirección -
 Persona de contacto - Correo electrónico **oMazanini123@gmail.com**
bramosi@urrg.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **30.03.22** Hora de Muestreo **11:00 a 12:00**
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
 Procedimiento de Muestreo -
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo
 Ensayos solicitados **Químicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
 Referencia de la Muestra: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN POR BIOACUMULACIÓN DE ARSÉNICO Y PLOMO EN RABANITO (RAPHANUS SATIVUS) Y LECHUGA (LACTUCA SATIVAL) PROCEDENTES DE PACORA-LAMBAYEQUE**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 266** Cadena de Custodia **CC - 195 - 22**
 Fecha y Hora de Recepción **31.03.22 09:30** Inicio de Ensayo **31.03.22 09:45**
 Reporte Resultado **29.04.22 16:30**

Edder Neyra Jaico
 Responsable de Laboratorio
 OIP: 147028

Cajamarca, 29 de Abril de 2022



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0322195

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			Muestra 1 Lechuga	Muestra 2 Lechuga	Muestra 3 Lechuga	Muestra 4 Lechuga	Muestra 5 Lechuga	Muestra 1 Rabanito
Código Laboratorio			0322195-01	0322195-02	0322195-03	0322195-04	0322195-05	0322195-06
Matriz			Planta	Planta	Planta	Planta	Planta	Planta
Descripción			Planta	Planta	Planta	Planta	Planta	Planta
Localización de la Muestra			Pacora	Pacora	Pacora	Pacora	Pacora	Pacora
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/Kg	1.900	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/Kg	2.300	1995	526.2	411.6	714.0	262.5	1453
Arsénico (As)	mg/Kg	0.500	3.127	1.258	2.093	1.767	1.389	2.197
Boro (B)	mg/Kg	2.600	31.29	28.52	38.74	30.94	27.65	21.34
Bario (Ba)	mg/Kg	0.400	27.82	15.81	16.66	16.47	11.00	21.99
Berilio (Be)	mg/Kg	0.300	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/Kg	12.400	9671	6369	9861	6991	5316	4422
Cadmio (Cd)	mg/Kg	0.200	0.829	0.594	0.907	0.695	0.739	0.419
Cobalto (Co)	mg/Kg	0.200	1.528	0.584	0.588	0.705	0.410	1.598
Cromo (Cr)	mg/Kg	0.300	3.626	10.49	11.31	2.08	7.753	1.408
Cobre (Cu)	mg/Kg	1.800	12.14	10.43	11.33	9.68	8.842	7.820
Hierro (Fe)	mg/Kg	2.300	2110	593.1	590.0	802.8	292.9	2152
Mercurio (Hg)	mg/Kg	0.300	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Potasio (K)	mg/Kg	5.100	32597	41426	45360	42054	41552	25606
Litio (Li)	mg/Kg	0.500	1.608	0.852	1.216	0.983	0.629	1.198
Magnesio (Mg)	mg/Kg	1.900	2550	2029	2516	2213	1902	1524
Manganeso (Mn)	mg/Kg	0.300	135.0	57.70	69.46	63.19	39.84	90.77
Molibdeno (Mo)	mg/Kg	0.200	0.569	0.565	0.568	0.506	0.669	0.629
Sodio (Na)	mg/Kg	2.600	13197	20367	23333	18283	20122	13872
Niquel (Ni)	mg/Kg	0.600	1.029	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.919
Fósforo (P)	mg/Kg	2.400	5365	5798	6117	5444	6020	3795
Plomo (Pb)	mg/Kg	0.400	6.484	2.159	2.322	2.531	0.659	6.022
Antimonio (Sb)	mg/Kg	0.500	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	mg/Kg	0.700	<LCM	0.723	<LCM	0.854	1.419	<LCM
Silicio (Si)	mg/Kg	10.400	1553	650	524	777	352	1217
Estaño (Sn)	mg/Kg	0.700	<LCM	0.941	0.957	1.112	0.989	1.009
Estroncio (Sr)	mg/Kg	0.300	62.76	54.96	67.87	55.99	47.67	39.26
Titanio (Ti)	mg/Kg	0.400	22.24	3.596	4.047	5.618	1.349	24.76
Talio (Tl)	mg/Kg	0.300	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/Kg	0.400	12.65	7.954	5.960	7.573	5.635	8.669
Zinc (Zn)	mg/Kg	1.800	39.52	35.77	31.39	34.84	34.34	42.06

Cajamarca, 29 de Abril de 2022



INFORME DE ENSAYO N° IE 0322195

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra	Muestra 2 Rabanito	Muestra 3 Rabanito	Muestra 4 Rabanito	Muestra 5 Rabanito	-	-	-	
Código Laboratorio	0322195-07	0322195-08	0322195-09	0322195-10	-	-	-	
Matriz	Planta	Planta	Planta	Planta	-	-	-	
Descripción	Planta	Planta	Planta	Planta	-	-	-	
Localización de la Muestra	Pacora	Pacora	Pacora	Pacora	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/Kg	1.900	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Aluminio (Al)	mg/Kg	2.300	633.3	540.7	91.12	19.99	-	-
Arsénico (As)	mg/Kg	0.500	1.27	2.13	<LCM	<LCM	-	-
Boro (B)	mg/Kg	2.600	29.28	28.46	23.28	22.80	-	-
Bario (Ba)	mg/Kg	0.400	14.94	12.84	6.504	4.694	-	-
Berilio (Be)	mg/Kg	0.300	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Calcio (Ca)	mg/Kg	12.400	4484	5325	3434	2729	-	-
Cadmio (Cd)	mg/Kg	0.200	<LCM	0.309	<LCM	<LCM	-	-
Cobalto (Co)	mg/Kg	0.200	0.963	0.879	0.398	0.298	-	-
Cromo (Cr)	mg/Kg	0.300	0.516	0.469	<LCM	<LCM	-	-
Cobre (Cu)	mg/Kg	1.800	4.436	4.772	2.964	1.919	-	-
Hierro (Fe)	mg/Kg	2.300	858.0	747.7	108.2	23.56	-	-
Mercurio (Hg)	mg/Kg	0.300	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Potasio (K)	mg/Kg	5.100	27319	28611	26523	25489	-	-
Litio (Li)	mg/Kg	0.500	0.734	0.739	<LCM	<LCM	-	-
Magnesio (Mg)	mg/Kg	1.900	1386	1631	1060	1030	-	-
Manganeso (Mn)	mg/Kg	0.300	65.10	52.62	22.86	14.87	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/Kg	0.200	0.595	1.008	0.865	0.577	-	-
Sodio (Na)	mg/Kg	2.600	25196	27344	26534	24008	-	-
Níquel (Ni)	mg/Kg	0.600	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Fósforo (P)	mg/Kg	2.400	4362	3824	4082	4021	-	-
Plomo (Pb)	mg/Kg	0.400	2.014	1.907	<LCM	<LCM	-	-
Antimonio (Sb)	mg/Kg	0.500	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Selenio (Se)	mg/Kg	0.700	0.903	0.918	1.492	1.631	-	-
Silicio (Si)	mg/Kg	10.400	694.7	632.1	141.8	45.43	-	-
Estaño (Sn)	mg/Kg	0.700	1.211	1.158	1.233	1.392	-	-
Estroncio (Sr)	mg/Kg	0.300	49.11	49.20	39.19	31.50	-	-
Titanio (Ti)	mg/Kg	0.400	5.408	3.314	0.617	<LCM	-	-
Talio (Tl)	mg/Kg	0.300	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Vanadio (V)	mg/Kg	0.400	4.634	4.343	1.929	1.283	-	-
Zinc (Zn)	mg/Kg	1.800	37.82	29.59	31.80	21.41	-	-

Cajamarca, 29 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYO N° IE 0322195

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cr, Cu, G, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/Kg	EPA Method 200.7 Rev. 4.4. 1994. (Validado) 2020 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo, por un periodo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento no posee el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe la reproducción o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.



"Fin del documento"

Código del formato: P-23-001 Rev. N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 29 de Abril de 2022

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA