

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN GRANOS
DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN EL DISTRITO DE BELLAVISTA-JAÉN, 2023

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Autores: Bach. Angela Jasmin Villegas Fernández

Bach. Veronica Jara Diaz

Asesor : Dr. James Tirado Lara

Desarrollo de Caracterización de Productos

JAÉN – PERÙ – JULIO, 2024

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN GRANOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN EL DISTRITO

AUTOR

Angela Jasmin Villegas Fernánd Verónica Jara Díaz

RECuento DE PALABRAS

7579 Words

RECuento DE CARACTERES

38641 Characters

RECuento DE PÁGINAS

40 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

868.7KB

FECHA DE ENTREGA

Sep 2, 2024 4:46 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 2, 2024 4:46 PM GMT-5

● **16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2019-SUNEDU/CD

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 12 de setiembre del año 2024, siendo las 10:20 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Andrea Fioreli Velarte Santoyo
Secretario: Dra. Irma Rumela Aguirre Zaquinaula
Vocal: Mg. Segundo Alipio Cruz Hoyos

- Trabajo de Investigación
 Tesis
 Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN GRANOS DE ARROZ (ORYZA SATIVA L) EN EL DISTRITO DE BELLAVISTA -JAÉN, 2023"

presentado por el Bachilleres. Angela Jasmin Villegas Fernández y Veronica Jara Diaz de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

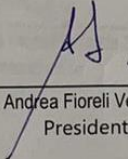
Aprobar Desaprobar Unanimidad Mayoría

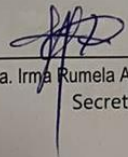
Con la siguiente mención:

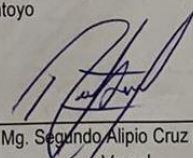
- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (16) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las _____ horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 12 de setiembre de 2024


Mg. Andrea Fioreli Velarte Santoyo
Presidente


Dra. Irma Rumela Aguirre Zaquinaula
Secretaria


Mg. Segundo Alipio Cruz Hoyos
Vocal

Índice

| | |
|--|-----|
| Índice de tablas | iii |
| Índice de figuras | iv |
| RESUMEN | v |
| ABSTRACT | vi |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MATERIALES Y METODOS | 5 |
| 2.1. Ubicación del ensayo | 5 |
| a) Fase de campo | 5 |
| b) Fase de laboratorio | 5 |
| 2.2. Población, muestra y muestreo | 6 |
| 2.3. Variables estudiadas | 7 |
| 2.4. Materiales e insumos | 7 |
| 2.5. Método de espectrofotometría de absorción atómica | 8 |
| 2.6. Procedimiento experimental | 8 |
| 2.6.1. Diseño experimental | 8 |
| 2.6.2. Muestreo de granos de arroz cáscara | 9 |
| 2.6.3. Transporte de la muestra a laboratorio | 9 |
| 2.6.4. Muestreo de granos de arroz pilado..... | 9 |
| 2.7. Análisis de datos | 9 |
| III. RESULTADOS | 10 |
| Contenido de cadmio..... | 10 |
| Contenido de plomo..... | 14 |
| IV. DISCUSIONES | 15 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 17 |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 18 |
| AGRADECIMIENTO | 22 |
| DEDICATORIA | 23 |
| VII. ANEXOS | 24 |

Índice de tablas

| | | |
|----------------|---|----|
| Tabla 1 | <i>Operacionalización de las variables</i> | 7 |
| Tabla 2 | <i>Prueba de hipótesis al 0.05 de probabilidad, de la concentración de cadmio (ppm)</i> | 14 |
| Tabla 3 | <i>Prueba de hipótesis al 0.05 de probabilidad, de la concentración de cadmio (ppm), en el distrito de Bellavista-Jaén. Prueba de Z</i> | 14 |
| Tabla 4 | <i>Concentración de cadmio y plomo en granos de arroz pilado del distrito de Bellavista, Jaén, Cajamarca</i> | 24 |

Índice de figuras

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | <i>Ámbito del proyecto de investigación en la fase de campo.....</i> | 5 |
| Figura 2 | <i>Nivel de Cd en ppm en arroz pilado del sector Bellavista</i> | 11 |
| Figura 3 | <i>Nivel de Cd en ppm en arroz pilado del sector Shumba Alto.....</i> | 11 |
| Figura 4 | <i>Nivel de Cd en ppm en arroz pilado del sector San Lorenzo.....</i> | 11 |
| Figura 5 | <i>Nivel de Cd en ppm en arroz pilado del sector Cercado Shumba</i> | 11 |
| Figura 6 | <i>Mediana y media aritmética de cadmio en ppm, en arroz pilado, del distrito Bellavista</i> | 11 |
| Figura 7 | <i>Desviación estándar de la media muestral para el nivel de cadmio en arroz</i> | 12 |
| Figura 8 | <i>Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en granos de arroz, en el distrito de Bellavista</i> | 13 |
| Figura 9 | <i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de arroz pilado del sector Bellavista ($H_0:p \geq 0.4$; $H_1: p < 0.4$)</i> | 26 |
| Figura 10 | <i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de arroz pilado del sector Shumba Alto ($H_0:p \geq 0.4$; $H_1: p < 0.4$)</i> | 26 |
| Figura 11 | <i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de arroz pilado del sector San Lorenzo ($H_0:p \geq 0.4$; $H_1: p < 0.4$)</i> | 26 |
| Figura 12 | <i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de arroz pilado del sector Cercado Shumba ($H_0:p \geq 0.4$; $H_1:p < 0.4$)</i> | 26 |
| Figura 13 | <i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de arroz pilado en el distrito Bellavista ($H_0:p \geq 0.4$; $H_1: p < 0.4$)</i> | 26 |
| Figura 14 | <i>Muestreo de arroz cáscara en Bellavista</i> | 32 |
| Figura 15 | <i>Muestreo de arroz cáscara en Cercado Shumba</i> | 32 |
| Figura 16 | <i>Muestreo de arroz cáscara en Shumba Alto.....</i> | 32 |
| Figura 17 | <i>Muestreo de arroz cáscara en San Lorenzo.....</i> | 32 |
| Figura 18 | <i>Muestras de arroz cáscara.....</i> | 33 |
| Figura 19 | <i>Pesado de muestras para análisis de Cd y Pb</i> | 33 |
| Figura 20 | <i>Digestión de pruebas.....</i> | 33 |
| Figura 21 | <i>Muestras de arroz en tabor para digestión</i> | 33 |

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un producto considerado como componente principal en la dieta alimenticia diaria. Por la importancia de este alimento, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de cadmio y plomo en granos de arroz y contrastar la concentración de Cd y Pb con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el Codex Alimentarius. Se realizó un muestreo probabilístico, de granos de arroz, en estado de madurez de cosecha, en cada uno de los sectores de Bellavista, Shumba Alto, San Lorenzo y Cercado de Shumba, del distrito de Bellavista, de la provincia de Jaén, Cajamarca. Se analizó el contenido de cadmio y plomo, de los granos de arroz pilado, en el Centro de Análisis Espectrofotométrico del Instituto de Producción de la Universidad Nacional de Jaén, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica. El contenido de cadmio en arroz en los sectores de Bellavista, Shumba Alto, San Lorenzo y Cercado de Shumba fueron de 0.00748 mg/kg, 0.01308 mg/kg, 0.01385 mg/kg y 0.00888 mg/kg, respectivamente y, la prueba de hipótesis ($p=0.05$) indicaron que el contenido de cadmio no superó los LMP (0.4 mg/kg). El contenido de plomo en granos de arroz fue de 0.0 mg/kg.

Palabras claves: arroz, cadmio, Límites Máximos Permisibles, plomo.

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is a product considered a main component in the daily diet. Due to the importance of this food, the objective of this research was to determine the concentration of cadmium and lead in rice grains and to contrast the concentration of Cd and Pb with the Maximum Permissible Limits (MPL) established by the Codex Alimentarius. A probabilistic sampling of rice grains, in a state of harvest maturity, was carried out in each of the sectors of Bellavista, Shumba Alto, San Lorenzo and Cercado de Shumba, in the district of Bellavista, in the province of Jaén, Cajamarca. The cadmium and lead content of the piled rice grains was analyzed at the Spectrophotometric Analysis Center of the Production Institute of the National University of Jaén, using the atomic absorption spectrophotometry method. The cadmium content in rice in the sectors of Bellavista, Shumba Alto, San Lorenzo and Cercado de Shumba were 0.00748 mg/kg, 0.01308 mg/kg, 0.01385 mg/kg and 0.00888 mg/kg, respectively, and the hypothesis test ($p=0.05$) indicated that the cadmium content did not exceed the LMP (0.4 mg/kg). The lead content in rice grains was 0.0 mg/kg.

Keywords: rice, cadmium, Maximum Permissible Limits, lead.

I. INTRODUCCION

El arroz, en el Perú, es uno de los cultivos más importantes que se constituye como uno de los productos que contribuyen con la seguridad alimentaria nacional y casi infaltable en la cocina peruana, viéndose su producción incrementada en un 2.8 % de tasa promedio anual en los años 2000 al 2019 (MIDAGRI, 2020). En mayo del año 2020 se produjo 639,303 toneladas de arroz cáscara mostrando un 47 % de aumento comparado al año 2019. El incremento se dio en La Libertad, Lambayeque, Amazonas, San Martín, Ancash, Loreto, Pasco y Cajamarca (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020). En enero del año 2023, la producción de arroz cáscara alcanzó las 220,101 toneladas, destacando la producción en Piura, San Martín y Huánuco (INEI, 2023)

En la provincia de Jaén, el arroz se cultiva en una cantidad de 19,729.5 ha considerándose como el segundo cultivo de importancia económica. En el distrito de Bellavista se cultiva en 14,470 ha con cosechas de 81,856.5 toneladas al año (SENASA, 2016); por lo que, este cultivo genera considerables puestos de trabajo (Gobierno Regional de Cajamarca, 2018).

El arroz es afectado por plagas como insectos (*Togamosa oryzae*, *Hydrellia wirthi*, *Spodoptera frugiperda*, *Diatraea saccharalis* y *Oeabalus* sp.), hongos (*Pyricularia grisea*, *Rhizoctonia solani*, *Sarocladium oryzae*) y malezas (de hoja ancha, gramíneas y ciperáceas) (Agencia Agraria de Noticias, 2019), los cuales son controlados mediante el uso de insecticidas, fungicidas y herbicidas (Syngenta, 2019). Estos plaguicidas pueden originar, al aplicador, dolor de cabeza, náuseas, dificultades en la respiración, y diarreas (Jiménez-Quintero et al., 2016), así como también, pueden afectar la microbiología del suelo tal como sucede cuando se aplica los herbicidas Glifosato y Bispiribac, el fungicida Azoxystrobin y el insecticida Malathion (Chaves-Bedoya et al., 2013).

Asimismo, en el agua de los arrozales se pueden encontrar más de un plaguicida en concentraciones que superan los Límites Máximos de Residuos (LMR) establecidos para el agua y en granos de arroz comercializados podría ocurrir la presencia de plaguicidas por sobre los LMR, debido a las malas prácticas agrícolas (Munitz et al., 2022). Además, por efecto del uso de los plaguicidas 2,4-D, Acetamiprid, Cipermetrina alfa, Azoxistrobina, Aldrin, Clomazona, Deltametrina, Difenconazol, Dinotefuran, Bentazona, Fipronil (SP), Malation

(SP), Oxadiazon, Oxifluorfen, Pendimetalina, Endrin, Propanil, Propiconazol, Quinclorac, tebuconazol, Trifloxystrobin, Triclopir, Triflumizol y Clomazone, los suelos de los arrozales son contaminados por metales pesados (Del Castillo y Encina, 2021). Estos metales como el Cadmio, Arsénico y Plomo, en arrozales, podrían contaminar el suelo, bioacumularse en plantas y semillas afectando, por tanto, la salud del consumidor (Del Águila, 2021).

Por otro lado, también se usa fertilizantes a base de NPK y micronutrientes (Cedeño et al., 2018). Estos fertilizantes pueden incrementar la contaminación del suelo por metales como el As y el Cd, los cuales ingresan por las raíces de las plantas y translocarse al resto de la planta, pudiendo pasar al ser humano cuando son ingeridos como alimento (Bayona, 2020).

Los metales pesados en el complejo aire-agua-suelo-planta pueden comprometer severamente la salud, la seguridad alimentaria y medio ambiente (Reyes et al., 2016). Ejemplo de ello es que, algunos alimentos con presencia de plomo al ser ingeridos pueden causar daños irreparables en la salud (Avalos-Ramírez, 2023). Al respecto, Astonitas et al. (2021) reportan en los suelos agrícolas arroceros periurbanos de Utcubamba contienen metales en el orden $Al > Ba > Sr > Ti > V > Ce > Pb > Ni > Cr > Li > As > Cd > Sn > Be > Sb > Hg$. Los suelos de los arrozales periurbanos de Utcubamba, contienen As, Ba, Hg y Pb en niveles de 3.17; 176.63; 0.15 y 11.52 $mg.kg^{-1}$, respectivamente. Estos resultados fueron inferiores a los Estándares de Calidad Ambiental para suelos (D.S N° 011-2017 MINAM). En cambio, el Cd (2.26 $mg.kg^{-1}$) superó el nivel establecido en la normativa peruana (ECAs para Cd =1.4 $mg.kg^{-1}$).

Flores y Novoa (2022) reportaron que las concentraciones de plomo superaron los límites permisibles en el 95 % de las muestras y, por otro lado, se encontró que la concentración de cadmio es inferior a los límites permisibles en la totalidad de 20 marcas comerciales. El Pb fue 0.409 mg/kg y el Cd fue de 0.100 mg/kg . Del mismo modo, Tineo y Periche (2019) reportaron que los arrozales de la margen izquierda del río Tumbes están contaminados con As, Cr y Pb, con promedios mayores a los niveles máximos permisibles de países como Australia, Alemania y Reino Unido en el caso de As y Pb; y los estándares de calidad ambiental para el suelo en Perú para el caso de As y Cr y, que, hay posibilidad de que estos elementos pueden ingresar a las raíces de la planta y llegar al grano de arroz. También, las aguas de riego procedentes del río Tumbes mostraron valores altos para el caso de Cd y Pb, superando los valores y/o estándares que establece la normatividad mexicana (para Cd) y peruana (para Cd y Pb).

Mesa et al. (2015) indican que el agua de aniego contiene bajos contenidos de metales pesados. El suelo puede presentar valores inferiores de Cr y Pb mientras que son superiores Zn, Co, Cu y Cd, este último con riesgo de ecotoxicidad. Las plantas de arroz bioacumularon estos metales concentrándolos en sus raíces. También, Ramírez et al. (2015), indican que, en suelos y plantas de arroz procedentes de parcelas fertilizadas con fosfatos, los niveles de Cd en el suelo varían entre 0.012 y 0.160 mg/kg, muy por debajo del nivel crítico de 0.5 mg/kg. El Cd en el grano contiene entre 17 y 254 µg/kg, en la cascarilla de 4 a 165 µg/kg y en el rastrojo de 8 a 464 µg/kg, valores que están por debajo del máximo de tolerancia admitido por el Codex Alimentarius.

En Canaguaro, municipio de Granada – Meta- Colombia, el suelo posee concentraciones de cadmio que están dentro del rango de 0.01- 2 mg/kg, valores considerados normales para suelos según la US EPA. Por otro lado, las concentraciones de cadmio en arroz paddy sobrepasaron los niveles de 0.4 mg/kg, establecidos por la FAO. En el tejido foliar el cadmio fue de 10.4 y 38.8 mg/kg en arroz paddy; lo cual conduce a tomar medidas de fitorremediación para mitigar las concentraciones de Cadmio en el suelo y el arroz paddy (Jara y Rueda, 2020).

Por el hecho que, el arroz en la provincia de Jaén es considerado como el segundo producto alimenticio en importancia económica y que su producción se realiza año tras año generando altos volúmenes de producción y comercialización en el ámbito local y nacional, se hace necesario dar la importancia debida; toda vez que, el cultivo indefectiblemente no escapa del uso de plaguicidas químicos de uso agrícola para controlar plagas y del uso de fertilizantes sintéticos para disminuir pérdidas económicas. Estos insumos, según reportes, dan lugar a la contaminación de los suelos por metales pesados y éstos a la vez ingresan a la planta llegando a contaminar el producto cosechable y, sin duda, puede adsorberse al grano, llegando finalmente al consumidor. Por ejemplo, Campos y Sarango (2020) menciona que, en el valle de Bellavista se usan 52 plaguicidas como los herbicidas, fungicidas, insecticidas y nematicidas. A ello se suma que, algunas empresas industriales de Lambayeque acopian arroz de Jaén (Alcántara 2018); además, en la provincia de Jaén se comercializa arroz –posiblemente procedente de Bellavista- en los diferentes mercados de abastos y supermercados como Plaza Veá y otros, pero se desconoce si hay o no presencia de metales pesados en estos granos. Bajo este contexto, la presente investigación tuvo como objetivos determinar la concentración de

cadmio y plomo en granos de arroz pilado procedentes del distrito de Bellavista de la provincia de Jaén y contrastar la concentración de cadmio y plomo, en granos de arroz pilado, con los límites máximos permisibles establecidos en el Codex Alimentarius.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del ensayo

a) Fase de campo (Figura 1)

El arroz procedió de parcelas arroceras del distrito de Bellavista, provincia de Jaén de la región Cajamarca. Se realizó el muestreo de arroz cáscara de los sectores de Bellavista (150 ha), Shumba Alto (100 ha), San Lorenzo (50 ha) y Cercado Shumba (50 ha).

Figura 1

Ámbito del proyecto de investigación en la fase de campo.



Fuente de Mapa:

https://www.familysearch.org/es/wiki/Ja%C3%A9n,_Cajamarca,_Per%C3%BA_-_Genealog%C3%ADa

b) Fase de Laboratorio

Las muestras obtenidas en cada uno de los sectores del distrito de Bellavista fueron trasladadas a la ciudad de Jaén, para ser pilados. El análisis de cadmio y plomo en las muestras de arroz pilado se realizó en el Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Jaén.

2.2. Población, muestra y muestreo

Población

Correspondió a los granos cosechados de arroz cáscara de 3,943.91 ha cultivadas (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2012). Para asegurar la homogeneidad de las unidades experimentales, se tuvo en cuenta que en las diferentes parcelas se haya practicado labores culturales similares en cuanto al uso de maquinaria, aplicación de fertilizantes y plaguicidas; considerando además que las condiciones ambientales fueron similares en todas las parcelas arroceras del distrito en estudio.

Muestreo

Para seleccionar las hectáreas se realizó un muestreo por conveniencia, pero para obtener la muestra de arroz se usó el muestreo probabilístico aleatorio simple que consistió en recorrer cada hectárea, obteniendo 1.0 kg de muestra de arroz cáscara.

Muestra

Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la siguiente fórmula:

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

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población (350 ha x 8100 kg)

Z = valor de Z crítico (Z=1.96)

p = proporción aproximada en la población. (p=0.5)

q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio
(1 - p). (q=0.5)

d = nivel de precisión absoluta. (d=0.05)

Nota: En Bellavista se cultiva 3,943.91 ha de arroz (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2012). Al aplicar la fórmula 1, el tamaño de muestra equivale a 350 hectáreas, de las cuales se obtuvo las muestras de granos de arroz cáscara en una cantidad de 50 kg. Posteriormente, estas fueron pilados para su análisis de plomo y cadmio.

2.3. Variables estudiadas

Tabla 1

Operacionalización de las variables.

| Variable (X) | Dimensiones | Indicadores |
|---------------------------------|---|---|
| Variables independientes | | |
| Granos de arroz pilado | Granos de arroz del distrito de Bellavista-Jaén | Granos de arroz con presencia de plomo y cadmio |
| Variables dependientes | | |
| Concentración de Cd | Concentración de Pb en mg/kg | 0.4 mg/kg, dado por el Codex Alimentarius |
| Concentración de Pb | Concentración de Cd en mg/kg | 0.2 mg/kg, dado por el Codex Alimentarius |

2.4. Materiales e insumos

Material biológico

- 50 kg de arroz cáscara procedentes de 350 ha muestreadas.
- Después del pilado se obtuvieron 100 gramos arroz pilado.

Materiales de muestreo

- Bolsas herméticas
- Guantes quirúrgicos
- Cajas térmicas

Materiales para laboratorio

- Fiola
- Tubos de ensayo
- Placas Petri
- Matraz Erlenmeyer
- Pinzas

Equipos de laboratorio

- Balanza analítica.
- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- Digestor

Insumos

- Agua destilada
- Ácido clorhídrico
- Ácido sulfúrico
- Ácido nítrico
- Solución estándar de plomo y cadmio

2.5. Método de espectrofotometría de absorción atómica

Las muestras fueron analizadas mediante el método de Espectrofotometría, en la cual se determinó la presencia de Cd y Pb, haciendo uso del kit para metales pesados, proporcionados por el Centro de Análisis Espectrofotométrico del Instituto de Producción de la Universidad Nacional de Jaén, siguiendo el método de la Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA 1-994

- Se acondiciono y limpio el material de vidrio y teflones lavándose con ácido nítrico al 5 %, agua destilada y agua purificada.
- Se pesó 0.5 g para arroz, se agregó a 8 tubos de teflón al que se le adiciono 5ml de Ácido Nítrico, 2 ml de peróxido de hidrogeno , esto es sellado y llevado al Digestor de Microondas se programó la primera rampa de 420 W a un tiempo de 5:30 min, y la segunda rampa es de 350W a un tiempo de 9:30 min a una temperatura de 70° C luego se dejó enfriar por 15 minutos seguidamente se transfirieron a filtración en papel filtro Whatman 41 añadiendo agua destilada en fiolas de 25ml quedando listo para la lectura en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica, técnica instrumental, basada en la absorción, emisión y fluorescencia de radiación electromagnética por partículas atómica, se utiliza para realizar diferentes concentraciones mediante radiaciones del espectro ultravioleta, visible y rayos.

2.6. Procedimiento experimental

2.6.1. Diseño experimental

El estudio correspondió a una investigación descriptiva; por tanto, no se utilizó ningún diseño estadístico experimental.

2.6.2. Muestreo de granos de arroz cáscara

Los granos que alcanzaron su madurez de cosecha fueron recolectados en forma manual en 350 hectáreas. De cada una de las parcelas arroceras muestreadas, se separaron 1.0 kg de arroz cáscara, que en total equivalieron a 50 muestras de arroz cáscara.

2.6.3. Transporte de la muestra a laboratorio

El arroz cáscara muestreado se colocaron en bolsas de polietileno herméticas en una cantidad de 1.0 kg, las que a su vez fueron empacadas en sacos de polipropileno. Cada una de las bolsas, con ayuda de un plumón de punta fina con tinta indeleble, fueron identificadas consignando fecha de muestreo y zona de muestreo. Estas bolsas, conteniendo arroz cáscara, fueron trasladados al Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Jaén, para realizar el pilado y el análisis de Cd y Pb.

2.6.4. Muestreo de granos de arroz pilado

Las 50 muestras de arroz cáscara de 1.0 kg, cada una, fueron cuidadosamente pilados. Las muestras de arroz pilado se colocaron en bolsas de polietileno herméticas debidamente identificadas. Posteriormente de cada una de ellas, de manera aleatoria, se obtuvo 100 gramos de muestra para su análisis de Cd y Pb.

2.7. Análisis de datos

Se aplicó la estadística descriptiva para lo cual se calcularon las medidas de Tendencia Central, de Dispersión y de Posición.

Con el fin de contrastar con los LMP establecidos por el Codex Alimentarius, se procedió a realizar la prueba de hipótesis al 0.05 de probabilidad, utilizando la prueba de t-Student para cada sector muestreado, mientras que para el total de muestras se utilizó la prueba de distribución de Z.

III. RESULTADOS

Contenido de cadmio

En la figura 2 se muestra que los valores de Cd en granos de arroz pilado varían desde 0.0032 a 0.0140 ppm. Respecto al sector de Shumba Alto, el contenido de Cd en arroz pilado varía entre 0.0091 a 0.0159 ppm, tal como lo muestra la figura 3.

En el sector San Lorenzo, el menor valor equivale a 0.009 ppm mientras que el mayor valor fue de 0.0266 ppm. Igualmente, en el sector Cercado Shumba el contenido de Cd fue de 0.0028 a 0.0151 ppm

En la figura 6 se observa que el promedio de cadmio en el total de muestras que corresponden a la población del cultivo de arroz en el distrito Bellavista alcanzaron valores de 0.00748, 0.01308, 0.01385 y 0.00888 para las zonas de producción de Bellavista, Shumba Alto, San Lorenzo y Cementerio Shumba, respectivamente. Puede observarse que estos valores son menores que el LMP que establece el Codex Alimentarius (0.4 ppm).

Por otro lado, en la figura 7, la Desviación Estándar muestra una dispersión homogénea, pues los valores de las 50 muestras obtenidas de las 350 hectáreas muestreadas, en la mayoría de valores se encuentran dentro del límite inferior y superior, acercándose al valor promedio de Cd.

Figura 2

Nivel de Cd en ppm en arroz pilado del sector Bellavista.

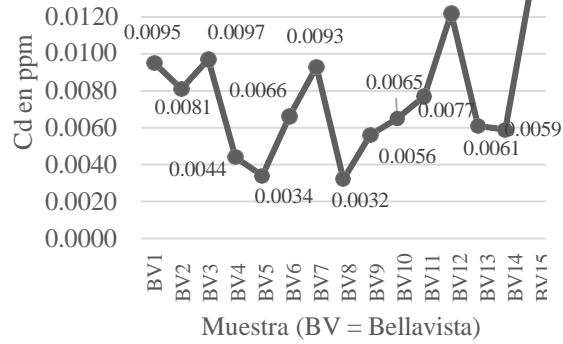


Figura 3

Nivel de Cd en ppm en arroz pilado del sector Shumba Alto.

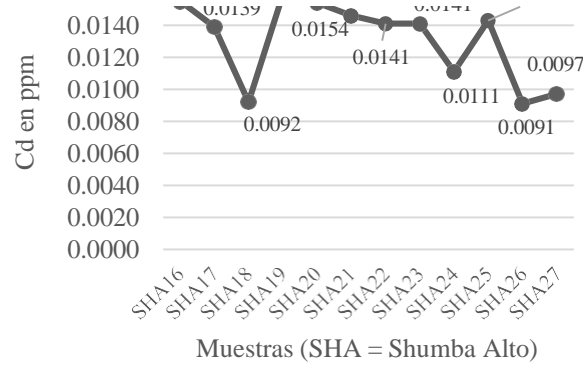


Figura 4

Nivel de Cd en ppm en arroz pilado del sector San Lorenzo.

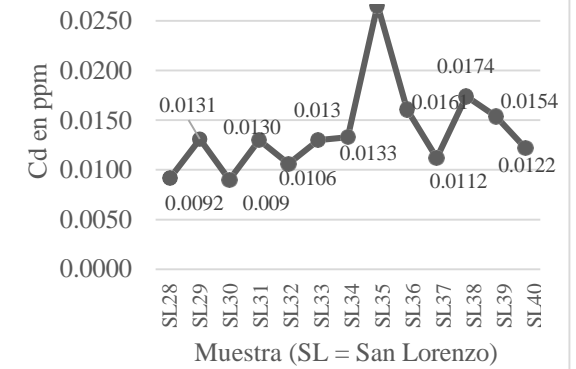


Figura 5

Nivel de Cd en ppm en arroz pilado del sector Cercado Shumba.

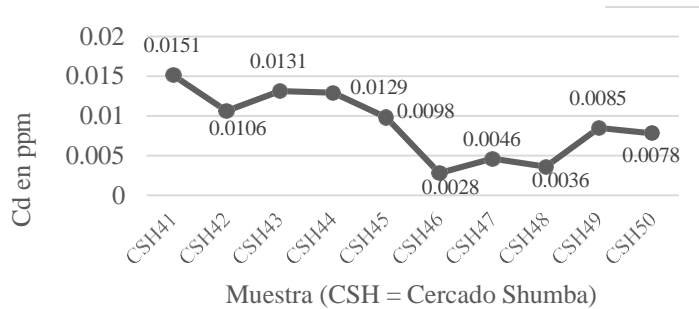


Figura 6

Mediana y media aritmética de cadmio en ppm, en arroz pilado, del distrito Bellavista.

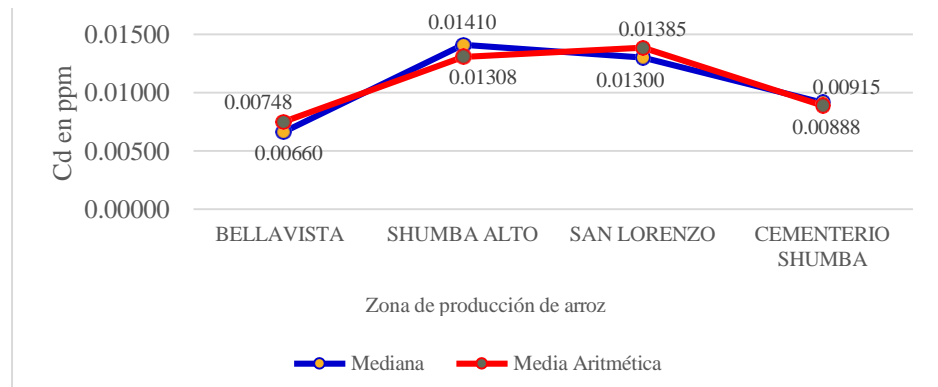
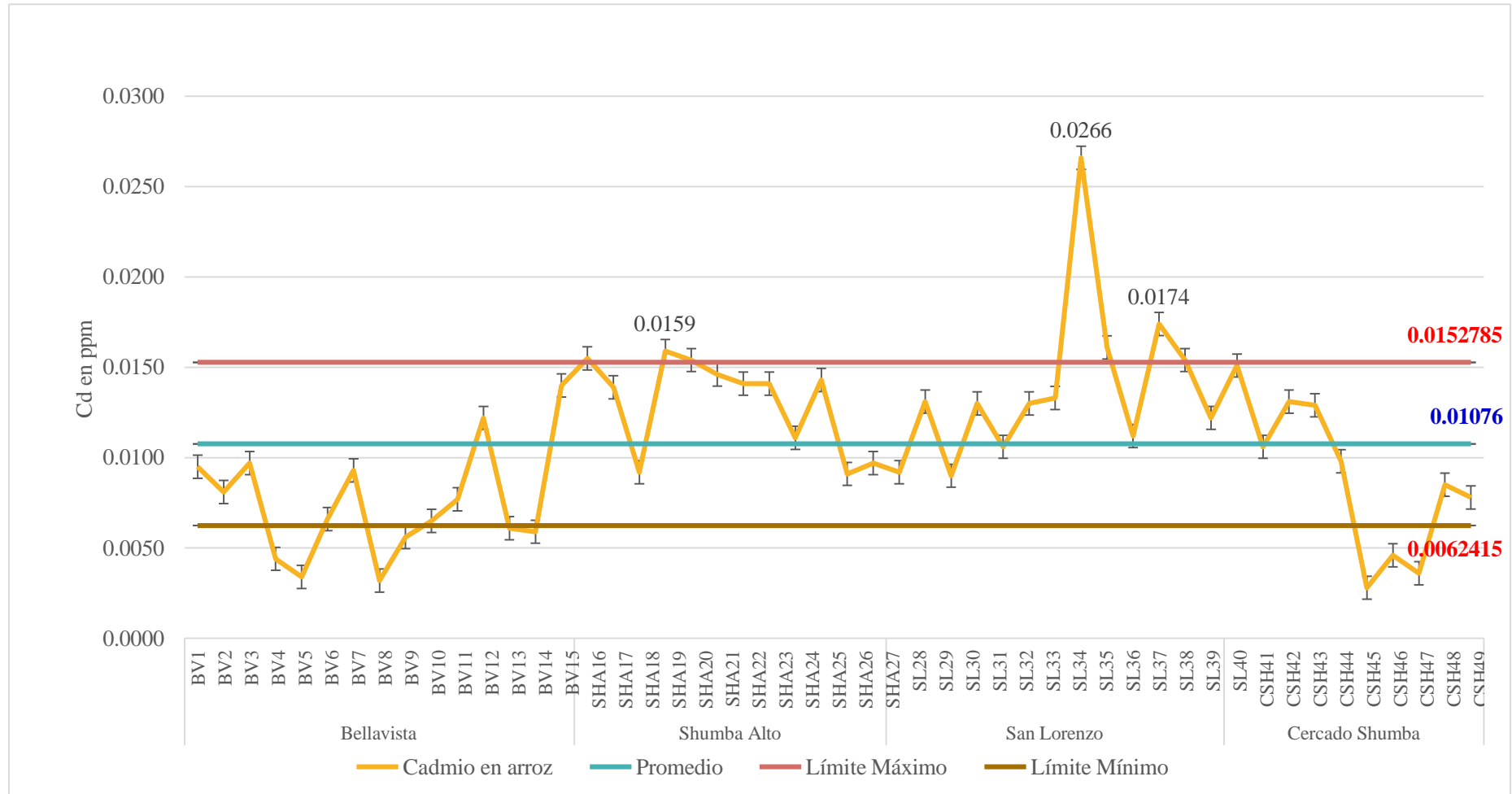


Figura 7

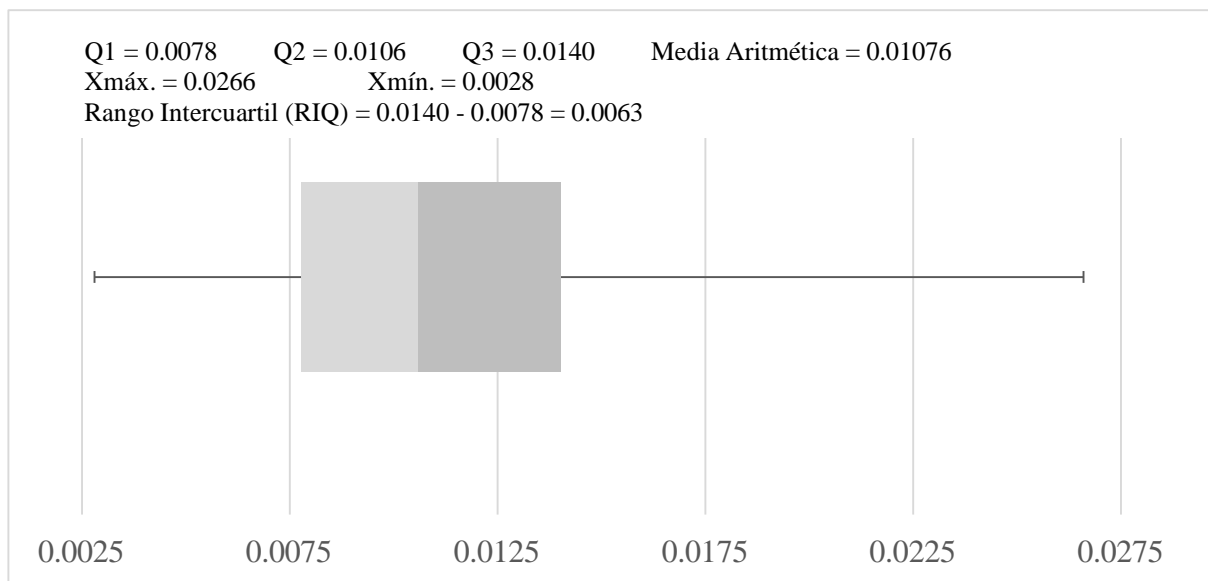
Desviación estándar de la media muestral para el nivel de cadmio en arroz.



En la figura 8, se observa las medidas de posición del contenido de cadmio en granos de arroz pilado. El cuartil 1 (Q1) tiene el 25 % de los datos que son iguales a 0.0078 ppm. El segundo cuartil (Q2) tiene el 50 % de los datos, equivale a 0.0106 ppm y el cuartil 3 (Q3) que tiene el 75 % de los datos es de 0.0140 ppm. El 50 % de los datos obtenidos presentan un promedio de 0.0063 ppm de cadmio. La distribución de la mediana es asimétrica positiva porque se ubica más cerca al primer cuartil y, la media aritmética es mayor que la mediana

Figura 8

Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en granos de arroz, en el distrito de Bellavista.



Comparación del nivel de cadmio con los LMP

La prueba de hipótesis (tabla 2 y figuras 8, 9, 10 y 11), se observa que en arroz pilado los valores de hipótesis calculado arrojaron valores por debajo de los límites máximos permisibles (LMP=0.40 ppm), por lo que se rechaza la hipótesis nula; afirmando que en estos sectores de producción de arroz no existe presencia de cadmio en niveles que causen daño al consumidor.

En la tabla 3 y figura 12, se observa que el arroz producido en el distrito Bellavista, el valor de la hipótesis calculado fue de -609.12 , siendo menor al valor tabular de la hipótesis al 0.05 de probabilidad, indicando que el contenido de cadmio no supera los LMP, rechazando la hipótesis nula.

Tabla 2

Prueba de hipótesis al 0.05 de probabilidad, de la concentración de cadmio (ppm).

| | Valor observado | | Valor de hipótesis |
|----------------|--|---------------|------------------------------|
| | $\bar{X} - \mu$ | Valor Tabular | ($\mu = \text{LMP de Cd}$) |
| | $t = \frac{\text{-----}}{(s^2/n)^{1/2}}$ | | |
| Bellavista | -495.72 | 1.761 | 0.40 ppm |
| Shumba Alto | -523.96 | 1.796 | 0.40 ppm |
| San Lorenzo | -304.79 | 1.782 | 0.40 ppm |
| Cercado Shumba | -292.49 | 1.833 | 0.40 ppm |

Tabla 3

Prueba de hipótesis al 0.05 de probabilidad, de la concentración de Cadmio (ppm), en el distrito de Bellavista-Jaén. Prueba de Z.

| | Valor observado | | Valor de hipótesis |
|--|--|---------------|------------------------------|
| | $\bar{X} - \mu$ | Valor Tabular | ($\mu = \text{LMP de Cd}$) |
| | $t = \frac{\text{-----}}{(s^2/n)^{1/2}}$ | | |
| | - 609.12 | 1.645 | 0.40 ppm |

Contenido de plomo

Todas las muestras de arroz pilado analizadas arrojaron que no hubo presencia de plomo.

IV. DISCUSIONES

Los resultados al no haber superado los límites máximos permisibles establecidos por el Codex Alimentarius para cadmio (0.40 ppm) y plomo (0.2 ppm) podría indicar que, en los arrozales de Bellavista, a pesar que los agricultores no usan buenas prácticas agrícolas (Vera y Gayoso, 2024), el producto alimenticio es inocuo, debido posiblemente a que, en esta zona productora de arroz, los desechos industriales son mínimos y hay escasa contaminación del aire y el agua de riego, permitiendo que no exista plomo en este alimento (Barragán, 2024) y bajos contenidos de cadmio, posiblemente a la intervención del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, a través del SENASA, que fortalecen capacidades a los agricultores para reducir la presencia de plagas y puedan contribuir con la reducción de la presencia de estos metales pesados (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, 2016).

Esto puede reflejarse en los resultados que arrojan la desviación estándar (figura 7), la cual indica que los contenidos de cadmio están cercanas a la media aritmética; aunque, algunos lugares de muestreo superan el límite máximo como es en Shumba Alto con 0.0159 y San Lorenzo con 0.0266 ppm y 0.0174 ppm y que podrían indicar una significación estadística; sin embargo, los valores son menores a 0.4 ppm (LMP), evidenciando que el contenido de cadmio es mínimo y no superan los LMP.

Por otro lado, la figura 8 indica que en un 75% de zonas muestreadas alcanzan 0.0140 ppm, que no superan los LMP, dando a entender que, en la mayoría de zonas productoras de arroz, la presencia de cadmio no es significativa, dando garantía de consumir arroz libre de este metal pesado.

Como es sabido, la contaminación del suelo con metales pesados causa problemas ambientales y de salud pública, considerándose al cadmio como el elemento más tóxico y se fija mejor en suelos con altos contenidos de materia orgánica (Bricio, 2021), lo cual puede deducirse que el arroz producido en los suelos del distrito Bellavista, contienen bajo contenido de materia orgánica, tal como lo reportan Vera y Gayoso (2024), dando lugar a los bajos contenidos de cadmio, en el presente estudio. En efecto, al realizar la prueba de hipótesis (tabla 3 y tabla 4), los resultados mostraron valores que se ubican en el área de rechazo de la hipótesis nula por lo que se descarta la presencia de cadmio a niveles que superen los LMP.

Para el caso del plomo, los resultados mostraron que el arroz producido en Bellavista no contiene este metal pesado. Esto podría causar controversia con otros estudios cuyos resultados

fueron de 0.168 ppm y 0.852 ppm en marcas de arroz que se vende a granel en el Mercado Huamantanga del distrito Puente Piedra, provincia y región Lima (Flores y Novoa, 2022); pero el caso es que en este mercado se da la posibilidad de circulación alta de vehículos que contaminan el aire (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2016) y este pudo haber contaminado este alimento.

El agua de riego y el pH del suelo son factores importantes en la presencia de plomo en el suelo, siendo aparentemente el agua de riego más importante que el pH del suelo. El agricultor al aplicar fungicidas, herbicidas, insecticidas podrían adicionar plomo al suelo (Trujillo, 2005), pero a pesar que, en Bellavista, se reportó el uso de 52 plaguicidas no existe contaminación del suelo (Campos y Sarango, 2020), dando a entender que al no existir contaminación del suelo los niveles de cadmio y plomo no superaron los LMP. Es probable que los niveles mínimos de estos metales pesados se deban que, en los campos agrícolas de Bellavista no se observen fuentes antropogénicas como baterías de plomo, pinturas, quema de gasolina, soldaduras, medicamentos, esmaltes, cerámicas, aguas residuales y otros que ayuden a la contaminación por cadmio y plomo (Apraez, 2023).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye:

- En el sector Bellavista el contenido de cadmio alcanzó niveles entre 0.0032 mg/kg a 0.0140 mg/kg.
- En el sector Shumba Alto los niveles de cadmio variaron de 0.0091 mg/kg a 0.00159 mg/kg.
- En el sector San Lorenzo los niveles de cadmio alcanzaron entre 0.009 mg/kg a 0.02666 mg/kg.
- En el Cercado de Shumba los niveles de cadmio fueron de 0.0028 mg/kg 0.0151 mg/kg.
- El promedio del contenido de cadmio en los cuatro sectores fue de 0.00748, 0.01308, 0.01385 y 0.00888 mg/kg, para Bellavista, Shumba Alto, San Lorenzo y Cercado Shumba., respectivamente.
- Los niveles de cadmio no superaron los LMP establecidos por la MERCOSUR (0.4 mg/kg).
- El contenido de plomo en los cuatro sectores muestreados fue de 0.000 mg/kg.

Se recomienda:

- Realizar investigación en otras localidades tanto de suelo como de plantas y granos para determinar la contaminación por metales pesados.
- Realizar estudios de análisis de la calidad del agua de riego y manejo de envases de plaguicidas para relacionarlos con la contaminación por metales pesados.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agencia Agraria de Noticias. (2019, 25 de noviembre). Plaga, enfermedades y malezas pueden causar pérdidas en promedio de 30% en el rendimiento productivo del arroz. <https://agraria.pe/noticias/plaga-enfermedades-y-malezas-pueden-causar-perdidas-en-prome-20303>
- Alcántara, C. J. (2018). Diagnóstico de la gestión de comercialización del arroz a nivel mayorista en los molinos de Lambayeque. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Institucional. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1505/1/TL_AlcantaraCalderonChristiana.pdf
- Apraez, D. E. (2023). Estudio sobre la prevalencia de metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb) en arroz (*Oriza sativa* L.). [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/30253/1/UCE-FCQ-CQA-APRAEZ%20DIEGO.pdf>
- Astonitas, L.J., Pariente, E. y Milla, M.E. (2021). Evaluación del contenido de metales pesados en suelos periurbanos a partir de parámetros fisicoquímicos. *Ciencias Exactas Naturales y de la Salud*, 12 (33), 50-69. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/35807>
- Avalos-Ramírez, Y. J. (2023). Contaminación por plomo en suelo, agua, alimentos y sus efectos en los seres humanos. *Revista Investigaciones ULCB*, 10 (2), 59-68. <https://revistas.ulcb.edu.pe/index.php/REVISTAULCB/article/view/267/507>
- Barragán, A. (2024, 21 de febrero). Un grupo de científicos mexicanos encuentra plomo en alimentos de la canasta básica. <https://elpais.com/mexico/2024-02-22/un-grupo-de-cientificos-mexicanos-encuentra-plomo-en-alimentos-de-la-canasta-basica.html>
- Bayona, L. V. (2020). Efecto y mitigación de la toxicidad por arsénico y cadmio en cultivo de arroz. *Ciencias Agropecuarias*, 6 (2), 47-68. https://www.researchgate.net/profile/Lady-Bayona-Penagos/publication/354035716_Efecto_y_mitigacion_de_la_toxicidad_por_arsenico_y_cadmio_en_cultivo_de_arroz/links/612037820c2bfa282a5cce31/Efecto-y-mitigacion-de-la-toxicidad-por-arsenico-y-cadmio-en-cultivo-de-arroz.pdf
- Bricio, M. L. (2021). El Cadmio como metal pesado: problemas y efectos en el suelo y las plantas. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio

- Institucional. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9279/E-UTB-FACIAGING%20AGROP-000120.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Campos, O. y Sarango, O. (2020). Uso de plaguicidas agrícolas y contaminación de suelos en el distrito de Bellavista-Jaén. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/179>
- Cedeño, J., Cedeño, G., Alcívar, J., Cargua, J., Cedeño, F., Cedeño, G. y Constante, G. (2018). Incremento del rendimiento y calidad nutricional del arroz con fertilización NPK complementada con micronutrientes. *Scientia Agropecuaria*, 9 (4), 503-509.
- Chaves-Bedoya, G., Ortiz-Moreno, M. L. y Ortiz-Rojas, L. Y. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronómica*, 62 (1), 66-72. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n1/v62n1a10.pdf>
- Del Águila, E. (2021). Determinación de la contaminación por metales pesados por el uso de agroquímicos en Parcelas de Arroz, Distrito de San Hilarión – 2020. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/76593/Del%20Aguila_PE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Del Castillo, H. y Encina, J. (2021). Evaluación del suelo, por metales pesados, producto del uso de agroquímicos en cultivos de arroz, Mishquiyacu, Tarapoto, 2021. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/84581/Del%20Castillo_NH-Encina_RJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Flores, A.G. y Novoa, L. M. (2022). Determinación de las concentraciones de plomo y cadmio en diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendidos en el mercado Huamantanga – Puente Piedra durante el periodo noviembre- diciembre 2021. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/18916/Flores_ma.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2018, 16 de abril). Exitoso emprendimiento de arroceros en Jaén. <https://portal.regioncajamarca.gob.pe/noticias/exitoso-emprendimiento-de-arroceros-en-ja-n>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2012). IV Censo Nacional Agropecuario 2012. <https://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/?id=CensosNacionales>

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020, 07 de julio). Perú: Panorama Económico Departamental.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_panorama_2.pdf.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023, marzo). Perú: Panorama Económico Departamental.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4328597/03%20Informe%20Tecnico%20Panorama%20Economico%20Departamental%20Ene%202023.pdf?v=1679934099>
- Jara, B. y Rueda, D.A. (2020). Evaluación de los niveles de cadmio en cultivos de arroz a nivel de suelo y grano, ubicados en la vereda Canaguaro del Municipio de Granada Meta. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/28273/2020baironjara?sequence=6&isAllowed=y>
- Jiménez-Quintero, C.A., Pantoja-Estrada, A. y Leonel, H. F. (2016). Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuena “la pila”. *Revista Universidad y Salud*, 18 (3), 417-431. <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v18n3/v18n3a03.pdf>
- Mesa, M.A., Díaz, O., Sánchez, J.M., Baqué, D. y Tavella, M.J. (2015). Bioacumulación de metales pesados en arroz cultivado bajo condiciones de contaminación en la subcuena Mampostón. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24, 25-30.
<https://www.redalyc.org/pdf/932/93243475005.pdf>
- MIDAGRI. (2020, julio). Perú: Producción, importaciones y precios del arroz.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1230425/nota-informativa_arroz_02.pdf
- Munitz, M. S., Medina, M. B., Raviol, F., Subovich, G., Novoa, M., Williman, C. y Parma, F. (2022). Determinación de plaguicidas en agua de riego en cultivos arroceros, granos de arroz y subproductos. *Suplemento Ciencia Docencia y Tecnología*, 12 (13), 462-485.
<https://pcient.uner.edu.ar/index.php/Scdyt/article/view/1435/1536>
- Ramírez, R., Subero, N., Sequera, O. y Parra, J. (2015). Contenido de cadmio en arroz (*Oryza sativa* L.) y en suelos fertilizados con fosfatos por un periodo entre 5 y 51 años. *Revista Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela*, 41 (1), 43-48.
http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/10837/10568
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz, M. y González, E. E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16 (2), 66-77.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2016). Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana 2015. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01403SENA-7.pdf>
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2016, 3 de agosto). Cajamarca: SENASA refuerza vigilancia en cultivo de arroz en las provincias de Jaén y San Ignacio. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/cajamarca-senasa-refuerza-vigilancia-en-cultivo-de-arroz-en-las-provincias-de-jaen-y-san-ignacio/>
- Syngenta. (2019, 20 de agosto). Importancia de los plaguicidas en la producción de arroz. <https://www.syngenta.com.pe/news/noticias/importancia-de-los-plaguicidas-para-la-produccion-del-arroz>
- Tineo, B. G. y Periche, R. E. (2019). Evaluación del contenido de metales pesados en la margen izquierda del valle del río Tumbes y su absorción por el cultivo de arroz durante el periodo Marzo – Julio 2018. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Tumbes]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/383>
- Trujillo, F. E. (2005). Impacto del plomo sobre los cultivos de arroz en Ibagué-Tolima, Finca La Argentina. [Tesis de pregrado, Universidad de Los Andes]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/a6515c19-3649-4a9b-91c7-390b7e90a465>
- Vera, E. V. y Gayoso, Y. (2024). Buenas Prácticas Agrícolas en el sistema productivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en los departamentos de Lambayeque (Mochumí) y Cajamarca (Jaén) durante la campaña agrícola 2021 – 2022. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12663>

AGRADECIMIENTO

- A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, por sus enseñanzas.
- Agradecer a nuestro asesor de tesis, el Dr. James Tirado Lara, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como, haber tenido toda la paciencia para guiarnos durante todo el desarrollo de la tesis
- A los productores de arroz del distrito de Bellavista que nos permitieron ingresar a sus parcelas para el muestreo.
- Al Vicepresidente de Investigación, Dr. Manuel Octavio Fernández Atho, Mg. Andrea Fioreli Velarde Santoyo e Ing. Violeta Sánchez Córdova por facilitar el Centro de Análisis Espectrofotométrico de la UNJ.
- A todos quienes brindaron el apoyo en la ejecución de la presente investigación.

DEDICATORIA

A Dios y mi madre Isabel, tía Celia y mi prima Erika, por guiarme siempre. Su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y amor inquebrantable han sido un verdadero regalo.

A mi esposo y mi hijo que son mi inspiración.

A mi querida abuelita Josefina Mera, aunque ya no estés físicamente a mi lado, tu espíritu y amor siguen viviendo en lo más profundo de mi corazón, gracias por ser mi inspiración constante durante la realización de esta tesis.

Ángela Jasmin Villegas Fernández

A Dios, por su grandeza y haberme permitido culminar con mi objetivo en la culminación del presente trabajo.

A mis padres y hermanos por su apoyo y confianza. Gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

A mi padre Carlos por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre.

A mi madre Oscimia por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

Veronica Jara Diaz

ANEXOS

Anexo 1: Contenido de cadmio y plomo

Tabla 4

Concentración de cadmio y plomo en granos de arroz pilado del distrito de Bellavista, Jaén, Cajamarca.

| Zona de Muestreo | Código de Muestra | Arroz pilado | |
|------------------|-------------------|----------------|---------------|
| | | Cadmio (mg/kg) | Plomo (mg/kg) |
| BELLAVISTA | BV1 | 0.0095 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV2 | 0.0081 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV3 | 0.0097 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV4 | 0.0044 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV5 | 0.0034 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV6 | 0.0066 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV7 | 0.0093 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV8 | 0.0032 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV9 | 0.0056 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV10 | 0.0065 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV11 | 0.0077 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV12 | 0.0122 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV13 | 0.0061 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV14 | 0.0059 | 0.0000 |
| BELLAVISTA | BV15 | 0.0140 | 0.0000 |
| SHUMBA ALTO | SHA16 | 0.0155 | 0.0000 |
| SHUMBA ALTO | SHA17 | 0.0139 | 0.0000 |
| SHUMBA ALTO | SHA18 | 0.0092 | 0.0000 |
| SHUMBA ALTO | SHA19 | 0.0159 | 0.0000 |
| SHUMBA ALTO | SHA20 | 0.0154 | 0.0000 |
| SHUMBA ALTO | SHA21 | 0.0146 | 0.0000 |
| SHUMBA ALTO | SHA22 | 0.0141 | 0.0000 |
| SHUMBA ALTO | SHA23 | 0.0141 | 0.0000 |

| | | | |
|----------------|-------|--------|--------|
| SHUMBA ALTO | SHA24 | 0.0111 | 0.0000 |
| SHUMBA ALTO | SHA25 | 0.0143 | 0.0000 |
| SHUMBA ALTO | SHA26 | 0.0091 | 0.0000 |
| SHUMBA ALTO | SHA27 | 0.0097 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL28 | 0.0092 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL29 | 0.0131 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL30 | 0.0090 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL31 | 0.0130 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL32 | 0.0106 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL33 | 0.0130 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL34 | 0.0133 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL35 | 0.0266 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL36 | 0.0161 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL37 | 0.0112 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL38 | 0.0174 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL39 | 0.0154 | 0.0000 |
| SAN LORENZO | SL40 | 0.0122 | 0.0000 |
| CERCADO SHUMBA | CSH41 | 0.0151 | 0.0000 |
| CERCADO SHUMBA | CSH42 | 0.0106 | 0.0000 |
| CERCADO SHUMBA | CSH43 | 0.0131 | 0.0000 |
| CERCADO SHUMBA | CSH44 | 0.0129 | 0.0000 |
| CERCADO SHUMBA | CSH45 | 0.0098 | 0.0000 |
| CERCADO SHUMBA | CSH46 | 0.0028 | 0.0000 |
| CERCADO SHUMBA | CSH47 | 0.0046 | 0.0000 |
| CERCADO SHUMBA | CSH48 | 0.0036 | 0.0000 |
| CERCADO SHUMBA | CSH49 | 0.0085 | 0.0000 |
| CERCADO SHUMBA | CSH50 | 0.0078 | 0.0000 |

Anexo 2. Prueba de hipótesis

Figura 9

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de arroz pilado del sector Bellavista ($H_0: p \geq 0.4$; $H_1: p < 0.4$).

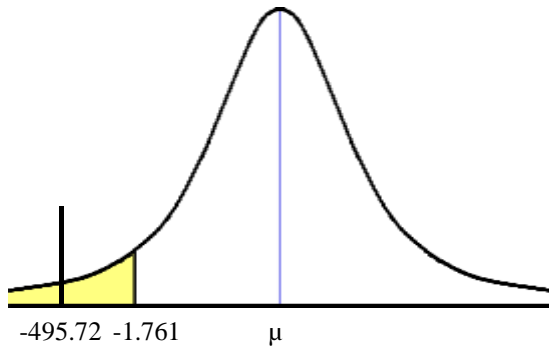


Figura 10

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de arroz pilado del sector Shumba Alto ($H_0: p \geq 0.4$; $H_1: p < 0.4$).

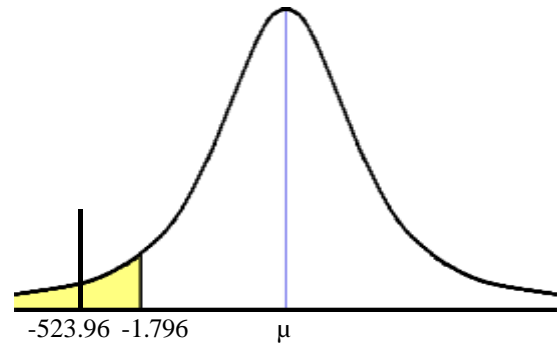


Figura 11

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de arroz pilado del sector San Lorenzo ($H_0: p \geq 0.4$; $H_1: p < 0.4$).

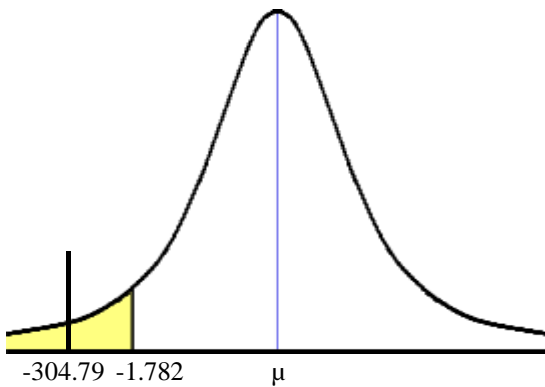


Figura 12

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de arroz pilado del sector Cercado Shumba ($H_0: p \geq 0.4$; $H_1: p < 0.4$).

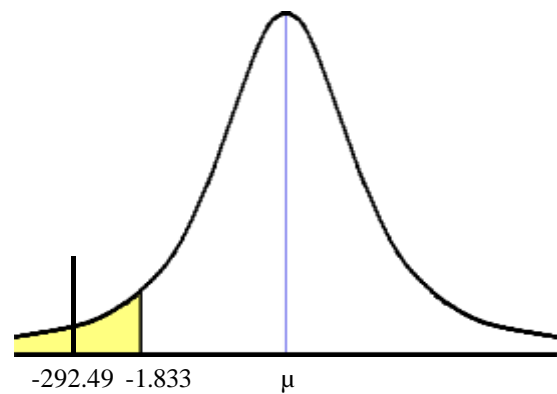
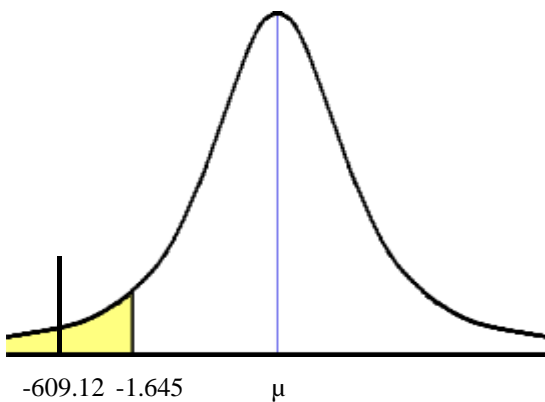



Figura 13

Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de arroz pilado en el distrito Bellavista ($H_0: p \geq 0.4$; $H_1: p < 0.4$).



Anexo 3. Informe de análisis de Cd y Pb, realizado en el Centro de Análisis Espectrofotométrico de la Universidad Nacional de Jaén.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Centro de Análisis Espectrofotométrico - CAE

INFORME DE ENSAYO CAE
N°00270624-AA-015

Emitido en Jaén, el 24 de junio del 2024

| | |
|--------------------------------------|--|
| Nombre del Solicitante | : Ing. James Tirado Lara Tesisistas: Bach. Angela Jasmin Villegas Fernández, Bach. Verónica Jara Díaz |
| Servicio solicitado | : Análisis de metales en muestras de arroz: Cd y Pb |
| Características | : Muestras proporcionadas por el solicitante |
| Condiciones de recepción | : En aparente buen estado |
| Fecha de recepción de muestra | : 17 de junio del 2024 |
| Fecha de inicio de Ensayo | : 17 de junio del 2024 |
| Fecha de término de Ensayo | : 24 de junio del 2024 |
| Fines | : Ejecución de proyecto de tesis titulado: "Evaluación de la concentración de Cadmio y Plomo en granos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en el distrito de Bellavista-Jaén, 2023" |
| Tipo de muestra | : Arroz |
| Cantidad de muestra | : 50 muestras x 500 g |



Resultados del Grano de arroz

| NÚMERO DE MUESTRA | CÓDIGO DE MUESTRA | DETERMINACIONES | MÉTODO | UNIDADES | RESULTADOS |
|-------------------|-------------------|-----------------|--|----------|------------|
| 01 | M1 | Cadmio | Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA 1-994 | mg/L | 0.0095 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 02 | M2 | Cadmio | | mg/L | 0.0081 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 03 | M3 | Cadmio | | mg/L | 0.0097 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 04 | M4 | Cadmio | | mg/L | 0.0044 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 05 | M5 | Cadmio | | mg/L | 0.0034 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 06 | M6 | Cadmio | | mg/L | 0.0066 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |

| | | | |
|--|--|--|---|
|  CONTACTO 957100533 / 946848079 |  EMAIL caesa@unj.edu.pe |  DIRECCIÓN Carratera Jaén - San Ignacio km 24 Sector Vanavocu |  REDES SOCIALES www.unj.edu.pe |
|--|--|--|---|

Resultados del Grano de arroz

| NUMERO DE MUESTRA | CÓDIGO DE MUESTRA | DETERMINACIONES | MÉTODO | UNIDADES | RESULTADOS |
|-------------------|-------------------|-----------------|---|----------|------------|
| 07 | M7 | Cadmio | Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA 1-994 | mg/L | 0.0093 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 08 | M8 | Cadmio | | mg/L | 0.0032 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 09 | M9 | Cadmio | | mg/L | 0.0056 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 10 | M10 | Cadmio | | mg/L | 0.0065 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 11 | M11 | Cadmio | | mg/L | 0.0077 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 12 | M12 | Cadmio | | mg/L | 0.0122 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 13 | M13 | Cadmio | | mg/L | 0.0061 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 14 | M14 | Cadmio | | mg/L | 0.0059 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 15 | M15 | Cadmio | | mg/L | 0.0140 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 16 | M16 | Cadmio | | mg/L | 0.0155 |
| | | Plomo | mg/L | 0.0000 | |
| 17 | M17 | Cadmio | mg/L | 0.0139 | |
| | | Plomo | mg/L | 0.0000 | |
| 18 | M18 | Cadmio | mg/L | 0.0092 | |
| | | Plomo | mg/L | 0.0000 | |
| 19 | M19 | Cadmio | mg/L | 0.0159 | |
| | | Plomo | mg/L | 0.0000 | |



Resultados del Grano de arroz

| NÚMERO DE MUESTRA | CÓDIGO DE MUESTRA | DETERMINACIONES | MÉTODO | UNIDADES | RESULTADOS |
|-------------------|-------------------|-----------------|---|----------|------------|
| 20 | M20 | Cadmio | Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA 1-994 | mg/L | 0.0154 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 21 | M21 | Cadmio | | mg/L | 0.0146 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 22 | M22 | Cadmio | | mg/L | 0.0141 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 23 | M23 | Cadmio | | mg/L | 0.0141 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 24 | M24 | Cadmio | | mg/L | 0.0111 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 25 | M25 | Cadmio | | mg/L | 0.0143 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 26 | M26 | Cadmio | | mg/L | 0.0091 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 27 | M27 | Cadmio | | mg/L | 0.0097 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 28 | M28 | Cadmio | | mg/L | 0.0092 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 29 | M29 | Cadmio | | mg/L | 0.0131 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 30 | M30 | Cadmio | | mg/L | 0.0090 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 31 | M31 | Cadmio | | mg/L | 0.0130 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 32 | M32 | Cadmio | | mg/L | 0.0106 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |



Resultados del Grano de carroz

| NÚMERO DE MUESTRA | CÓDIGO DE MUESTRA | DETERMINACIONES | MÉTODO | UNIDADES | RESULTADOS |
|-------------------|-------------------|-----------------|---|----------|------------|
| 33 | M33 | Cadmio | Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA 1-994 | mg/L | 0.0130 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.000 |
| 34 | M34 | Cadmio | | mg/L | 0.0133 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 35 | M35 | Cadmio | | mg/L | 0.0266 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 36 | M36 | Cadmio | | mg/L | 0.0161 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 37 | M37 | Cadmio | | mg/L | 0.0112 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 38 | M38 | Cadmio | | mg/L | 0.0174 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 39 | M39 | Cadmio | | mg/L | 0.0154 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 40 | M40 | Cadmio | | mg/L | 0.0122 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 41 | M41 | Cadmio | | mg/L | 0.0151 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 42 | M42 | Cadmio | | mg/L | 0.0106 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 43 | M43 | Cadmio | mg/L | 0.0131 | |
| | | Plomo | mg/L | 0.0000 | |
| 44 | M44 | Cadmio | mg/L | 0.0129 | |
| | | Plomo | mg/L | 0.0000 | |
| 45 | M45 | Cadmio | mg/L | 0.0098 | |
| | | Plomo | mg/L | 0.0000 | |



Resultados del Grano de arroz

| NÚMERO DE MUESTRA | CÓDIGO DE MUESTRA | DETERMINACIONES | MÉTODO | UNIDADES | RESULTADOS |
|-------------------|-------------------|-----------------|---|----------|------------|
| 46 | M46 | Cadmio | Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA 1-994 | mg/L | 0.0028 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 47 | M47 | Cadmio | | mg/L | 0.0046 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 48 | M48 | Cadmio | | mg/L | 0.0036 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 49 | M49 | Cadmio | | mg/L | 0.0085 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |
| 50 | M50 | Cadmio | | mg/L | 0.0078 |
| | | Plomo | | mg/L | 0.0000 |



Aclaraciones:

- Los resultados son válidos para la muestra referida en el presente informe
- El informe de ensayo tiene una validez de 365 días.
- El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo



Ing. Danicza Violeta Sánchez Córdova
Especialista del Centro de Análisis
Espectrofotométrico

| | | | |
|---|---|---|--|
|  CONTACTO 0571085537 946948879 |  EMAIL cea@un.edu.pe |  DIRECCIÓN Carretera Jaén - San Ignacio Km 24 Sector Yanuwaco |  REDES SOCIALES www.un.edu.pe |
|---|---|---|--|

Anexo 4. Material fotográfico

Figura 14

Muestreo de arroz cáscara en Bellavista.



Figura 15

Muestreo de arroz cáscara en Cercado Shumba.



Figura 16

Muestreo de arroz cáscara en Shumba Alto.



Figura 17

Muestreo de arroz cáscara en San Lorenzo.



Figura 18
Muestras de arroz cáscara.



Figura 19
Pesado de muestras para análisis de Cd y Pb.



Figura 20
Digestión de pruebas.



Figura 21
Muestras de arroz en tabor para digestión.

