



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Determinación de la concentración de arsénico en diferentes
variedades de arroz de la región Lambayeque – 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Reque Urcia, Lizeth Marylin ([orcid.org/ 0000-0002-0550-019X](https://orcid.org/0000-0002-0550-019X))

Rivera Giron, Kenyi ([orcid.org/ 0000-0003-0426-433X](https://orcid.org/0000-0003-0426-433X))

ASESOR:

Dr. Monteza Arbulú, César Augusto (orcid.org/0000-0003-2052-6707)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

CHICLAYO - PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por ser nuestra fortaleza y por mantenernos en pie ante las adversidades presentadas, a nuestros padres, por ser el apoyo a lo largo de nuestra vida y ser para nosotros el pilar que nos sostiene y el impulso para salir adelante y cumplir con nuestra meta de ser excelentes profesionales.

A nosotros mismos, por ser siempre perseverantes y no dejarnos vencer por los obstáculos que se nos presenten en la vida, lo mejor de la vida es la lucha con la que la enfrentamos.

Lizeth y Kenyi

Agradecimiento

En primera instancia, agradecemos a Dios por brindarnos el conocimiento y la salud para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

Agradecemos a nuestra familia por darnos la oportunidad y el apoyo de seguir estudios universitarios en este tiempo difícil de pandemia. Así mismo agradecemos a la Estación Experimental Agraria Vista Florida- INIA, por facilitarnos las herramientas y muestras necesarias para realizar este proyecto, por otro lado, agradecemos al Ing. Aguinaga Calderón Leandro, Coordinador Nacional del Programa de Arroz. Así también, a las personas que colaboraron con su disponibilidad de tiempo para proporcionarnos información y a la vez obtener muestras de sus cultivos de los distritos de Mochumí y Jayanca para la investigación del presente estudio.

Finalmente, agradecemos a nuestro asesor Dr. César Augusto Monteza Arbulú, por incentivar en nosotros la actitud investigativa y por su motivación constante a conocer los problemas que atentan con la sociedad y el ambiente; gracias a sus conocimientos impartidos que nos han ayudado a desarrollar nuevos conocimientos que se suman a cumplir la meta de culminar la carrera profesional.

Lizeth y Kenyi

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Variables y operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos.....	15
3.6. Método de análisis de datos	17
3.7. Aspectos éticos	17
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN.....	29
VI. CONCLUSIONES.....	31
VII. RECOMENDACIONES	32
REFERENCIAS.....	33
ANEXOS	38

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Variedades de arroz con mayor concentración de Arsénico</i>	19
Tabla 2: <i>Variedades de arroz con menor concentración de Arsénico</i>	21
Tabla 3: <i>Concentración de Arsénico en suelo</i>	23
Tabla 4: <i>Concentración de Arsénico en agua</i>	24
Tabla 5: <i>Variedades de arroz con mayor concentración de Plomo</i>	25
Tabla 6: <i>Concentración de Plomo en suelo</i>	27
Tabla 7: <i>Concentración de Plomo en agua</i>	28

Índice de figuras

<i>Figura 1: Variedades de arroz con mayor concentración de Arsénico</i>	20
<i>Figura 2: Variedades de arroz con menor concentración de Arsénico</i>	22
<i>Figura 3: Concentración de Arsénico en suelo.....</i>	23
<i>Figura 4: Concentración de Arsénico en agua</i>	24
<i>Figura 5: Variedades de arroz con mayor concentración de Plomo</i>	26
<i>Figura 6: Concentración de Plomo en suelo</i>	27
<i>Figura 7: Concentración de Plomo en agua</i>	28

Resumen

El presente estudio tuvo el objetivo de determinar las variedades de arroz con mayor concentración de arsénico en la región Lambayeque, se analizaron 06 variedades de arroz del INIA y 2 cultivadas en los distritos de Mochumí y Jayanca (8 muestras), 3 muestras de suelo y 3 muestras de agua de riego. Se utilizó el método de Espectrofotometría de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP - OES). Los resultados obtenidos (08 muestras), alcanzaron un promedio de 0.004 mg/kg, se observó para el suelo de cultivo de Mochumí (11.344mg/kg), Jayanca (7.856 mg/kg) y Picsi - INIA (9.576 mg/kg), y en el agua de riego de Jayanca (0.005 mg/L), Mochumí (0.004 mg/L) y Picsi – INIA (0.003 mg/L). Se concluye que las 08 muestras analizadas no superaron el Nivel Máximo (NM) (0.2 mg/kg) del Codex Alimentarius, el suelo y agua no superaron los ECAs establecido por el MINAM, 2017. Es conveniente decir, que la técnica utilizada, permitió determinar otros parámetros en las variedades, identificándose plomo con promedio (2,126 mg Pb/kg), superando el NM (0.2 mg/kg) del Codex Alimentarius, no fue objeto de estudio, pero exponemos los resultados a las autoridades para acciones de su competencia y público en general.

Palabras clave: Arroz (*Oryza sativa L*), arsénico, suelo, agua , ICP- OES.

Abstract

The objective of this study was to determine the rice varieties with the highest concentration of arsenic in the Lambayeque region, 06 INIA rice varieties were analyzed and 2 cultivated in the districts of Mochumí and Jayanca (8 samples), 3 soil samples and 3 irrigation water samples. The Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometry (ICP-OES) method was used. The results obtained (08 samples), reached an average of 0.004 mg/kg, it was observed for the Mochumí (11,344mg/kg), Jayanca (7,856 mg/kg) and Pisci - INIA (9,576 mg/kg) cultivation soil. , and in the irrigation water of Jayanca (0.005 mg/L), Mochumí (0.004 mg/L) and Pisci - INIA (0.003 mg/L). It is concluded that the 08 samples analyzed did not exceed the Maximum Level (ML) (0.2 mg/kg) of the Codex Alimentarius, the soil and water did not exceed the ECAs established by MINAM, 2017. It is convenient to say that the technique used allowed determine other parameters in the varieties, identifying lead with an average (2,126 mg Pb/kg), exceeding the ML (0.2 mg/kg) of the Codex Alimentarius, it was not the object of study, but we expose the results to the authorities for actions within their competence and general public.

Keywords: Rice (*Oryza sativa L*), arsenic, soil, irrigation water , ICP-OES.

I. INTRODUCCIÓN

El arroz viene a ser el alimento principal que contiene la canasta familiar y de mayor consumo debido a su gran contenido de proteínas, carbohidratos, minerales. Es un cereal que se consume a nivel mundial (Acevedo, Castrillo y Belmonte, 2006).

Asimismo, este cereal contiene elementos considerados tóxicos (metales y metaloides (As)); esta contaminación al cereal se debe a que son cultivados en suelos que contienen cerca de 3 mg/kg de As y son regados con agua subterránea de poca profundidad que está contaminada alrededor de 470 µg/L de As, la planta absorbe considerablemente As llegando al grano de arroz a 2,55 mg/kg sobrepasando el 1,00 mg/kg que es el límite permisible para el consumo en el caso de Bangladesh. Por consiguiente, el arsénico en el suelo es arrastrado por la lluvia y por el agua de la inundación y esto lleva a contaminar el agua subterránea que sirve de regadío (Aziz, Ullah y Ullah, 2015).

Por otro lado, este cereal absorbe gran cantidad de arsénico por agentes del medio ambiente como el clima, pH, factor hidrológico, biología, y otros, además de cambios en los minerales, alteran la disposición de algún elemento (Zhao y Wang, 2019). Es decir, el As encontrándose en el medio ambiente y por factores ambientales, este se desplaza contaminando el agua y suelo afectando los cultivos.

Es importante manifestar que, la especiación de As en el arroz cambia en varias regiones mostrando una concentración muy alta de As inorgánico por su origen como en UK (162 µg/kg), para la USA (125 µg/kg), en China con (114 µg/kg) y España (85 µg/kg). Además, en Asia específicamente el Sur y Sureste, se usa agua subterránea contaminada con arsénico, que además de beberlo también lo usan para cocinar arroz aumentando la carga contaminante en el cereal cocido, siendo el arsénico inorgánico la especie principal en el arroz de estos países asiáticos con 80 – 91 % de As total (Fernández, 2020). En otros términos, el arroz cocinado con agua contaminada, crece su toxicidad, presentando un riesgo para la salud y seguridad alimentaria.

Por otro lado, la contaminación por metales pesados en los alimentos cada vez es preocupante debido a las elevadas concentraciones que se encuentran en ellos, como resalta los investigadores de EEUU que identificaron el arroz procedente de Taiwán y China, superan los niveles de concentraciones de plomo (Pb) hasta 40 veces más de su límite, que establecen las autoridades competentes de EEUU. (British Broadcasting Corporation News Mundo, 2013).

De acuerdo a lo revisado en los granos de arroz integral, se encontraron más valores considerables de arsénico inorgánico que, en el blanco, por lo cual muchas personas ignoran que el alimento o el agua que se consume tiene concentraciones de toxicidad que a diario forma parte de nuestra dieta alimenticia y que lleva a la bioacumulación, arriesgando a contraer problemas cardiovasculares, cáncer y lesión en la piel y vejiga, (Karagas et al. 2019). Asimismo, debido a su solubilidad, al consumir arroz, el arsénico se va por las vías urinarias (Meharg et al. 2014). Es decir, la ingesta de arroz contaminado por As que sobrepasen los niveles máximos (NM), resulta perjudicial para la salud.

En el Perú se produce anualmente 519 563 (has), en primer lugar, se encuentra la región San Martín con una producción de 101 255 (has), en segundo se muestra la región Piura con 67 373 (has) y en Lambayeque se produce 49 831 (has) (Ministerio De Agricultura y Riego-MINAGRI, 2017).

La región de San Martín, en uno de sus distritos como es el caso de San Hilarión, la siembra del arroz es una base fundamental por lo que se designan una cifra mayor a 1000 has para sembrar; sin embargo, el suelo se degrada con el tiempo por las plagas que perjudican la producción y su calidad de este cereal, es por esto que los agricultores llegan a utilizar insecticidas, herbicidas y fertilizantes que son tóxicos, por esta acción es donde se evaluó metales pesados como el cadmio, arsénico y plomo, dando como resultado un nivel medio en los tres muestreos y para el tercer monitoreo fue para el cadmio (1.12 ppm) y arsénico (28.23 ppm) con niveles significativos que impactan al suelo y asimismo la bioacumulación en las semillas de este cereal (Del Aguila, 2021). El uso de estos agentes químicos en las plantaciones, contienen metales pesados, los cuales son persistentes y tóxicos conllevando problemas en la salud humana e impactan negativamente el medio

ambiente, como también se suma la inadecuada disposición final de estos residuos agroquímicos esparciéndose en todo el entorno.

A nivel local, no se han hecho estudios sobre análisis de concentraciones de arsénico en este cereal, solo en agua, sin embargo, en un estudio sobre el arsénico total en el arroz integral que se comercializa en los mercados y supermercados de Lima Metropolitana, resulta que el arroz integral de Lambayeque ($0,150 \pm 0.026$ mg/kg) tiene una concentración de Arsénico total mayor que la de Piura ($0,140 \pm 0,009$ mg/kg) en presentaciones de a granel y envasada. Además, los arroces que son más baratos ya sea a granel o envasada (S/ 3.00/kg) son los que más concentración de arsénico total tienen ($0,162 \pm 0,005$ a $0,196 \pm 0,003$ mg/kg) que los de precios altos (envasados S/ 4.3 – 6.4), asimismo, se obtuvo en menor concentración de As-t ($0,126 \pm 0,005$ mg/kg), siendo las muestras de distintas marcas y molineras de la región Lambayeque (Muñoz y Grados, 2021). Con respecto a estos valores, fueron menores al nivel máximo que establecen las organizaciones que están al cuidado de la higiene de los productos alimenticios. No obstante, a causa de estudios que se han hecho sobre la contaminación de arsénico en aguas de pozo en Pacora y Mórrope de la región Lambayeque, puede correr riesgo el agua que sirve de regadío para los cultivos de arroz, por lo que es más probable infiltrarse al subsuelo.

Por consiguiente, se formula la siguiente pregunta, ¿Cuáles son las variedades de arroz con mayor concentración de arsénico en la región Lambayeque?

Por esta razón, se ha establecido la justificación de la investigación, siendo la primera en el aspecto ambiental, en atención a este cereal, se considera un alimento fundamental y básico que se consume a diario, por ello, se estudió la situación actual de este, en cuanto al contenido de arsénico que puede presentar, debido a que las industrias y sus acciones, vertederos, plaguicidas y el arsénico reservado en minerales solubles ocasionan contaminación en agua, las superficiales y subterráneas y en el suelo provocando valores altos de As en cultivos, corriendo un probable riesgo en su inocuidad. Es por ello, que se buscó concientizar a la población, industria alimentaria / sector agrícola en brindar una producción más limpia de arroz para el consumo humano. Por consiguiente, en el

aspecto educacional, los resultados obtenidos de la investigación, puede servir como apoyo para que se sumen más estudios para esta problemática y como una base en próximas investigaciones que beneficien a la sociedad. Además, se textualiza la justificación metodológica, donde se trabajó con el software Microsoft Excel empleando tablas y figuras donde se proyectó los resultados. Finalmente, en el ámbito social, el arsénico presente en el arroz, representa un peligro para la salud, debido que en la región produce y a la vez se consume este cereal. Por consiguiente, en vista de su importancia en el consumo diario, es fundamental dar a conocer su estado y generar conciencia sobre las prácticas en su cultivo para mejorar la calidad de vida.

En esta investigación, se planteó el objetivo general: Determinar las variedades de arroz con mayor concentración de arsénico en la región Lambayeque. Como objetivos específicos tenemos: Identificar la variedad de arroz con menor concentración de arsénico que es apto para el consumo humano, determinar la concentración de arsénico en suelo donde se cultiva cada variedad de arroz y, por último, determinar la concentración de arsénico en el agua de riego para el cultivo de cada variedad de arroz.

Por otro lado, se ha planteado la hipótesis del estudio: H_i : La concentración de As de las variedades de arroz en estudio en la región Lambayeque supera el límite establecido. Por otro lado, se estableció la hipótesis nula: H_0 : La concentración de As de las variedades de arroz en estudio en la región Lambayeque no supera el límite establecido.

II. MARCO TEÓRICO

Atiaga (2019), Estrella y Yopez (2017) investigaron la presencia de metales pesados en agua, suelo y cultivos de este cereal, dentro de ellos analizaron la presencia de arsénico, en ambas investigaciones se determinó el arsénico presente en dicho cereal, a la misma vez se basó en un estudio experimental empleando los mismos instrumentos, equipos y materiales, se utilizó la digestión ácida, pipetas, agua desionizada, en el análisis se hizo por medio de ICP-MS, ambas investigaciones consideraron muestras para su investigación, al respecto Atiaga, recolectó 94 muestras de las provincias, Guayas, 63; Los Ríos, 21; El Oro, 10 y del Ecuador con 8 de la parte oriental de Orellana, y los resultados fueron los más remarcables. A diferencia de los trabajos anteriores, se observó que las formas de este metaloide cambian drásticamente el orden de su abundancia conforme incrementa el As-t en granos de arroz. En cuanto al As-t con contenidos bajos equivalentes a 0.300 mg/kg, predominando las especies inorgánicas, al igual que Estrella y Yopez, encontraron en el agua una concentración media baja de As-t de 0,00012 mg/kg y 0,186 mg/kg en granos de arroz que se recolectó en el campo, en comparación con los estándares nacionales e internacionales, así como concentraciones promedio en suelo de 3.302 mg/kg, en arrocillo con 0,260 mg/kg, para polvillo de este cereal 1,340 mg/kg y arroz apilado con 0.301 mg/kg excediendo el nivel máximo permitido por el CODEX.

Cámara (2018) y Cruz (2019), investigaron la disposición de metales pesados hallados en cultivos de arroz, dentro de ellos analizaron la presencia de arsénico, en ambas investigaciones se determinó el arsénico presente en dicho cereal, a la misma vez se basó en un estudio experimental empleando los mismos instrumentos, equipos y materiales, se utilizó la digestión ácida, pipetas, agua desionizada, para su análisis se hizo a través de ICP-MS, ambas investigaciones consideraron muestras para su investigación, con respecto a Cámara utilizó 16 muestras del cereal que se comercializa en España, como resultado obtuvo que en el Arsénico en 4 muestras sobrepasan los LMP por la disposición de la Unión Europea (0,2 mg/kg). Por consiguiente, para las muestras brillante, campo largo, gourmet y alteza, su contenido de arsénico para cada uno es mg/kg (0,408), (0,220), (0,384) y (0,247) respectivamente, al respecto Cruz utilizó 16 muestras,

donde determinó que siete variedades sobrepasan el 0.2 mg/kg establecido por la norma internacional. En bajo contenido mg/kg estaba Brillante, se presentó con 0,226, La Cigala con 0,227, asimismo IFA con 0,237, en SOS 0,203 y Corte Inglés con 0,217, con respecto al alto contenido Hacendado vaporizado tenía 0,403 y en el caso de Scotti 0,422.

Narukawa et al. (2014), en su trabajo, cuyo objetivo fue cuantificar la cantidad de arsénico en granos de arroz, analizaron 16 concentraciones de un elemento para 10 muestras (harina y granos de arroz), desarrollado en Japón, cuya investigación también fue experimental. De manera similar se usó la digestión ácida de la muestra con HNO₃ y H₂O₂, y se calentó en un microondas usando un programa para determinar el As-t. Además, se utilizaron técnicas analíticas ICP-MS e ICP-OES. Para la caracterización, las muestras fueron digeridas con ácido HNO₃ además un bloque calefactor a 100 °C durante 2h. Los resultados As-t en el arroz fueron los siguientes en (mg/kg), integral con 0,239; 90% pulido - 0,141; el 70% pulido - 0,069; con 50% pulido - 0,032; el 10% molido - 0,095; con 30% molido - 0,158; el 50% molido - 0,215; 90% pulido y molido con 10% - 0,235; 70% pulido + 30% molido - 0,227; 50% pulido + 50% molido - 0,247.

Muñoz y Grados (2021), Ramirez (2017) y Valiente (2018), en su investigación determinaron arsénico total en el arroz integral, grano de arroz pilado y arroces en otras presentaciones, con un estudio exploratorio transversal descriptivo, con un muestreo probabilístico. Muñoz y Grados con nueve muestras de arroz integral, Ramirez con nueve muestras de cereal pilado de Pacasmayo y Valiente con una muestra de 17 marcas de arroz, 2 de integral, 7 de precocido y 8 de blanco, aplicando la técnica de ICP-MS para determinar metales pesados en los alimentos. Los principales resultados de Muñoz y Grados fueron de Arsénico total con 0,147 mg/kg, Ramirez 0,16 mg/kg de promedio y Valiente en arroz integral con 0,48 mg/kg, precocido con 0,42 mg/kg, para el blanco con un 0,26 mg/kg. Por lo tanto, las muestras de Muñoz y Grados y Ramirez no superan el límite que establece la normativa del Codex Alimentarius, sin embargo, Valiente, todas las marcas de arroz analizadas superan el límite que establece la Unión Europea siendo arroz precocido, integral y blanco.

Del Aguila (2021), en su investigación tuvo como objetivo determinar metales pesados en parcelas de arroz debido al uso de agroquímicos en el distrito de San Hilarión. Debido a las consecuencias al medio ambiente que originan los agroquímicos afectando al suelo, agua, aire y por ende los cultivos. La población de estudio fue 4000 has, con una muestra de 1 hectárea de arroz y su muestreo de identificación (MI), se empleó la observación. Se mostró presencia de metales pesados afectando la calidad del suelo y el medio ambiente. Concluyó que el Cd, As y Pb en sus tres muestreos fue de nivel medio, y el tercer monitoreo de Cadmio (1.12 ppm) y As (28.23 ppm) con niveles significantes que afectan al suelo y por ello la bioacumulación en las semillas del arroz.

Allende y Vidarte (2021), evaluó la exposición toxicológica al arsénico por la ingesta de arroz comercializado en el mercado de Santa Anita en Lima, fue un estudio de diseño no experimental transversal. La población fue el arroz pulido del mercado de productores. Se recolectaron 30 muestras de arroz pulido, con la metodología EAA-GH y de la evaluación para exposición toxicológica que establece la FAO - OMS. El resultado fue un promedio de concentración de As (0,195 mg/Kg). Se concluye que, no superó el límite permisible por el Codex Alimentarius. y hay una probabilidad de que las personas desarrollen diferentes tipos de cáncer al exponerse por un tiempo prolongado.

La concentración de As se halla naturalmente en el ambiente, principalmente como sulfuro, minerales en forma natural que tienen arsénico como el realgar, arsenopirita y orpimenta. En conjunto a actividades antropogénicas y naturales conducen a la acumulación de As en determinados medios como suelo, aire, cuerpos de agua, plantas y animales (Peregrino, 2017).

Fundamentalmente se destaca a la U.S. Environmental Protection Agency (2001), establece que: “se determina por el método de la espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) se utiliza para determinar metales y algunos no metales en solución. Este método es una consolidación de los métodos existentes para agua, aguas residuales y desechos sólidos” (p. 1).

Cabe decir que, en el mundo existen variedades de arroz, cada una de estas semillas tiene su particularidad, se ve reflejado en su tamaño, sabor, calidad,

resistencia y acogida en el mercado, el país no es ajeno a esto, ya que es considerado un país arrocero ubicándose en el puesto 20 con un porcentaje de producción de 2.8 a nivel mundial, con respecto a la producción nacional destaca con un 47% según el (INEI, 2018). Dentro de ello destacan una diversidad de variedades únicas de dichas zonas, donde la zona norte destaca con su calidad y producción de arroz con semillas oriundas, así mismo la selva destaca con una mayor producción a nivel nacional ubicándose en primer lugar. Además, existen aproximadamente 30 variedades de arroz. En la Costa norteña se cultivan la Viflor, Sicán, Inti, Costa Norte, Oro, Taymi, Santa Ana, NIR-I y San Antonio; en la Costa sureña están Viflor, San Antonio, BG-90, y NIR I (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MINAGRI. s.f.).

En cuanto a las variedades, la Estación Experimental Agraria Vista Florida - INIA, Chiclayo, ha proporcionado variedades de arroz para su análisis, las cuales son Pítipo (liberada año 2001), Tinajones (liberada año 2007), Esperanza (liberada año 2010), Mallares (liberada año 2010), Puntilla (liberada año 2017) y Capoteña (liberada año 2020) (Aguinaga, 2020). Asimismo, se contó con las variedades Mallares cultivada en el distrito de Mochumí y Puntilla en el distrito de Jayanca.

Con respecto al arsénico en el arroz, en un 10 % el arroz va decreciendo a una concentración (25 mg/kg^{-1}) de arsénico en el suelo y este metaloide se va acumulando en el suelo donde se cultiva el arroz, por consiguiente, se introduce en la cadena alimenticia por medio de la absorción por la planta de este cereal, variando los niveles de arsénico (20 y $140 \text{ } \mu\text{g/Kg}^{-1}$) en los alimentos causando preocupación (Peregrino, 2017).

Se considera que el arroz contiene gran concentración de arsénico inorgánico a comparación de otros vegetales y es constantemente la vía principal para exponer a la humanidad por lo que la concentración de As es menor a $50 \text{ } \mu\text{g/L}$ en agua potable. Además, entre el arroz integral y pulido, el que presenta niveles altos de As es el arroz integral. Por otra parte, en el cultivo de arroz se incluyen otros metales pesados encontrados en agua o suelo los cuales son mercurio y cadmio (Medina et al. 2018).

Se estima sobre la cantidad de As en el arroz y otros alimentos hechos de este cereal, puede ser 100 veces superior que, en mariscos, frutas y carne, por ello, el 10 al 50 % de este cereal que se consume mundialmente cuenta con una concentración de As superior a 200 µg/kg. A través de varias lavadas y cocinado en gran cantidad de agua y quitando al final el excedente de agua, se puede reducir valores de arsénico inorgánico en el cereal. En 3 provincias que producen arroz en el país de Argentina hallaron altas concentraciones de As total con valores de 0,451 a 0,690 µg/g, en peso seco. Asimismo, en el Perú, por ser un alimento básico que se consume 48 kg/persona/año, es importante conocer su concentración de Arsénico total (Medina et al. 2018).

En cuanto al arroz corresponde a la clase (*Monocotyledoneae*), de orden (*Glumiflorae*), tribu (*Oryzeae*), de familia (*Poaceae (gramineae)*), las cuales se cultivan *Oryza glaberrima Steud* y *Oryza sativa L.* De 24 a más especies silvestres goza el género *Oryza* goza y crecen sobre zonas inundadas como además semi sombreadas y también en los bosques en el sureste de Asia, África, Austria, Centro América y Sur (Acevedo, Castrillo y Belmonte, 2006). Particularmente CODEX (2019), precisa que el arroz son granos quebrados o enteros de la especie *Oryza sativa L.* (p. 2). El arroz se ve impactado debido a las condiciones de cómo se cultiva ya que se ha demostrado la existencia de As con el incremento de este metaloide en el suelo como también en aguas de riego, por ello se presencia zonas contaminadas por As en el sudeste de Asia, siendo devastador el impacto en el arroz (Torres, 2011).

Este cereal está situado en Asia, posiblemente en la India aproximadamente unos 10 000 años, sin embargo, se desarrolla este cultivo en China, pasando de Asia a Europa oriental (año 800 a. C), llegó a España junto a la arribada musulmana expandiéndose a la Europa mediterránea, después a América. Por otro lado, el arroz viene a ser un alimento que tiene propiedades que benefician al organismo aportando energía gradualmente por ser rico en hidratos de carbono, sobresaliendo el almidón absorbiéndose con lentitud, además tiene menor cantidad de proteínas 8% que el trigo 11,5%, proteínas digeribles y aprovechables (Fernández, 2020). Precisamente está conformado por proteínas, carbohidratos, grasas, minerales y fibra, siendo los carbohidratos el mayor componente del arroz en peso de 77%,

predominando el almidón, también presenta en menor porcentaje de hemicelulosa, celulosa y lignina, en proteínas en mayoría globulina y albúmina con porcentaje bajo de 7 a 9% en peso; asimismo, agua 12% y grasas 2%, como también componentes menores pero significativa en su nutrición como son los minerales (K y P). vitaminas B1, B2 y B3 (niacina), componentes tocoferoles y fenólicos que son antioxidantes (Torres, 2011).

En la misma línea, se establece los lineamientos necesarios para el consumo de alimentos, que se rigen a la normativa internacional con respecto al nivel máximo (NM) de metales pesados presentes en alimentos, referente al arroz el (NM) de concentración de As es de 0.20 mg/kg según el (Codex Alimentarius, 2019). Por otro lado, en nuestro país el Estándar de Calidad Ambiental para Agua de riego es 0.1 mg/L establecido por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Asimismo, el Estándar de Calidad Ambiental para Suelo Agrícola a nivel nacional es de 50 mg/kg establecidos en el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM (Ministerio del Ambiente - MINAM, 2017).

El As viene a ser un elemento químico teniendo como propiedades metal y metaloide, número atómico (33), peso atómico (74.921 g/mol), está en la corteza terrestre, tiene el lugar 20 en abundancia natural, el 14 en cuerpo de agua de mar, y el lugar 12 para el cuerpo humano (Peregrino, 2017).

Con relación a las especies de arsénico que se encuentran en granos de arroz hallados (DMA, As III y As V) con menor cantidad, que es difícil de detectar en las muestras. Con respecto a la investigación sobre el arsénico inorgánico en este cereal es escasa a comparación de la caracterización amplia efectuada para concentración de arsénico total (Torres, 2011).

El arsénico se clasifica en especies inorgánicas y orgánicas: El ((As - III) arsenito) y el ((As - V) arseniato), siendo las mayores especies inorgánicas que se encuentran en el medio ambiente y son interconvertibles con facilidad por oxidorreducción. Pero el As-V es la especie predominante termodinámicamente en condiciones oxidantes. Para las especies orgánicas del átomo de arsénico se presentan diversos grados de metilación (Torres, 2011). Por otra parte, el As inorgánico es conocido al encontrarse combinado con el oxígeno, azufre y cloro,

mientras que el As orgánico se presenta combinado con carbono e hidrógeno (Peregrino, 2017).

Según la literatura, la especie arseniato (As - V), se encuentra mayormente en agua y suelo, además de encontrarse en animales, algas y plantas terrestres y acuáticas, sin embargo, el arsenito (As – III), esta forma se encuentra reducida en suelos y agua como también en los seres vivos. Concretamente, en agua, el Arsénico se halla en los ríos, lagos y mares en menor nivel, en cambio, en las aguas subterráneas se encuentran elevados, específicamente en zonas con rocas volcánicas y en minerales que son ricos en arsénico. Si bien, en aguas superficiales, se hallan en ríos y lagos, la concentración promedio de arsénico es menor a $0,8 \mu\text{g/L}^{-1}$. Por otro lado, para agua subterránea, el arsénico alcanza una variación menor de $0,5 - 5.000 \text{ g/L}^{-1}$. Por último, el As se encuentra en el suelo en $5 \text{ y } 10 \text{ mg/kg}^{-1}$, tal es el caso que es el elemento principal de minerales (200 a más) (Litter et al., 2008).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

El presente proyecto tiene un enfoque cuantitativo porque utiliza información o datos preeminente de tipo directo (Ramírez et al. 2018). Es decir, la información que se ha manejado fue fundamental para la investigación.

Como también es una Investigación Aplicada, en vista que se ha adquirido conocimientos de otros autores en donde nos conduce a mejorar nuestras técnicas o métodos a investigar, además de utilizar métodos distintos en donde observa, reflexiona, diseña, la práctica de las necesidades analíticas sintéticas del objeto de estudio y orientando a perfeccionar procedimientos (Nieto, 2018).

Diseño de investigación:

El diseño es no experimental porque lleva a efecto un estudio de la variable sin ninguna manipulación deliberada. Además, es transversal ya que se va a estudiar la variable en un tiempo determinado y, por último, es descriptivo porque mide y/o especifica características, propiedades o cualidades importantes y la realidad de la variable en estudio que constituye un nivel fundamental de la investigación (Ramírez et al. 2018). Es decir, solo se realizó una intersección.

3.2. Variables y operacionalización

Variable: Concentración de arsénico en diferentes variedades de arroz.

Definición conceptual

La concentración de Arsénico se halla naturalmente en el ambiente, principalmente como sulfuro, minerales en forma natural que tienen arsénico como el realgar, arsenopirita y orpimenta. Actividades antropogénicas y naturales conducen a la acumulación de As en determinados medios como suelo, aire, cuerpos de agua, plantas y animales (Peregrino, 2017).

U.S. Environmental Protection Agency (2001), establece que: “se determina por el método de la espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) se utiliza para determinar metales y algunos no metales en solución. Este método es una consolidación de los métodos existentes para agua, aguas residuales y desechos sólidos” (p. 1).

Definición operacional

Para determinar la capacidad de concentración de arsénico presente en el arroz se utilizó el método espectrofotometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP - OES).

Indicadores

- NM de arsénico en el arroz.
- ECA máximo del agua.
- ECA máximo del suelo.

Escala de medición

- De razón

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población

Para el desarrollo de esta investigación, la población estuvo conformada por el arroz (*Oryza sativa L.*), las variedades de arroz que es producido en la región de Lambayeque. Asimismo, el suelo de cultivo y el agua que se riega este cereal.

- **Criterios de inclusión:** Se tomaron las variedades para la determinación de la cantidad de concentración de arsénico en el arroz, el cual es grano de arroz pilado entero con sus óptimas propiedades organolépticas. Como también el suelo de cultivo y el agua que se riega este cereal.
- **Criterios de exclusión:** En este caso se excluyeron las variedades que no cuentan con las características óptimas las cuales son los granos de arroz

con cáscara, pigmentado y/o quebrado y muestras de arroz procedentes y/o importados del extranjero.

Muestra

Se tomaron 100 g de cada variedad de arroz pilado para determinar las concentraciones de arsénico en el arroz, siendo para el análisis 10 g. Para el suelo, 200 g y se analizó 1.5 g, por último, la muestra de agua fue de 200 ml, analizándose 50 ml.

Muestreo

El muestreo fue de tipo no probabilístico, debido a que se tuvo que elegir las muestras según el lugar de procedencia y de acuerdo a sus características. Las muestras se obtuvieron de la Estación Experimental Agraria Vista Florida - INIA, Lambayeque y de los campos de cultivo de los distritos de Mochumí y Jayanca.

Unidad de análisis

La unidad de análisis fue el grano de arroz pilado (*Oryza sativa L.*) en sus variedades de este, extraídas de la región Lambayeque.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

Se empleó la observación experimental debido a que se manipularon las muestras para hacer el trabajo de preparación de estas para su respectivo análisis, elaborando datos para obtener una información confiable y directa de valores de arsénico encontrados en las muestras con un procedimiento que se controló y a la vez fue sistematizado.

Para determinar la capacidad de concentración de arsénico presente en el arroz se utilizó el método espectrofotometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP - OES).

Instrumento

Para esta investigación se utilizó la ficha de registros de datos, indicándose para las muestras de arroz pilado el número de muestras, procedencia,

variedad, contenido de arsénico, de tal forma para las muestras de suelo y agua de riego en donde se indica número de muestra, tipo, procedencia y contenido de arsénico.

3.5. Procedimientos

Se solicitó emitir una carta de presentación a la coordinación de la escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, Sede Chiclayo, la misma que fue presentada a la Estación Experimental Vista Florida - INIA, para que nos faciliten muestras de 6 variedades de arroz que se cultivan en la región de Lambayeque, a la vez de suelo y agua. Así como también se conversó con agricultores de los distritos de Mochumí y Jayanca para la autorización de adquisición de muestras.

Formalizada la coordinación, las muestras fueron entregadas, las cuales corresponden a 6 variedades de INIA (Pítipo, Tinajones, Esperanza, Mallares, Puntilla y Capoteña), cabe decir que se contó con Mallares cultivadas en el distrito de Mochumí y Puntilla en Jayanca, como también la toma de muestras de agua y suelo de la Estación Experimental Vista Florida – INIA, de los campos de cultivo y agua de riego para el arroz de los distritos de Mochumí y Jayanca.

Se solicitó a la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, el servicio de análisis de las muestras de Arroz, Agua y Suelo.

Procedimiento para el desarrollo de análisis de alícuota (arroz):

Se procedió a utilizar el Método de la EPA 200.7 (análisis mediante la técnica del ICP-OES).

El Laboratorio Regional del Agua (2015), textualiza que “El análisis descrito en este método involucra las determinaciones de multielementos por ICP-AES utilizando instrumentos secuenciales o simultáneos. Los instrumentos miden características atómicas de espectros de emisión lineal por espectrometría óptica. Las muestras son nebulizadas y el aerosol resultante

es transportado a la antorcha del plasma. Los elementos espectrales de emisiones específicas son producidos por la radiofrecuencia del plasma de acoplamiento inductivo. Los espectros son dispersados por un espectrómetro de rejillas (difracción), y las intensidades de las líneas espectrales son monitoreadas en longitudes de onda específicas por un dispositivo fotosensible. Las fotocorrientes del dispositivo fotosensible son procesadas y controladas por un sistema informático. Una técnica de corrección del "background" es requerida para compensar la contribución de esta variable en la determinación de los analitos. El "background" debe ser medido contiguo a la longitud de onda del analito durante el análisis" (p. 4).

Digestión Seca: (obtención de materia seca del arroz)

Previamente al análisis, se contó con todo el material esterilizado para su posterior uso.

Cada muestra a ser estudiada fue llevada al Molino Eléctrico para obtener harina de arroz.

Para cada molido de las diferentes muestras, se procedió a limpiar el molino con agua destilada.

Obtenida la harina de arroz, fueron envasadas en bolsas herméticas cerradas con su respectivo código.

Se utilizó la balanza analítica para el peso de cada crisol sin alícuota y luego se pesó con alícuota (se hicieron 3 repeticiones).

Para obtener las cenizas:

Se sometieron los crisoles (pesados) a una temperatura de 450° C por 16 horas en una mufla con la finalidad de ser incineradas las muestras.

Posteriormente para que enfríen, se les pasó al Desecador por 2 horas.

Se añadió 2 ml de HNO₃ (Ácido Nítrico) 2N, el cual favorece el blanqueado de las cenizas, que luego se colocó en un Bloque Digestor (plancha agitadora) a 90°C por 2 horas.

Luego se pasaron a la Mufla a 450° C por 1 hora.

Liberación de Metales:

Se prepararon 2 soluciones, HNO₃ 2N en fiola de 250 ml enrasando con agua destilada y HNO₃ 0,1N en fiola de 1000 ml enrasando con agua destilada.

Se procedió a agregar a las muestras 5 ml de HNO₃ 2N y 20 ml de HNO₃ 0,1N y se disuelve las cenizas.

Luego, se filtró la muestra a través de un filtro Whatman N° 40, después se recuperó lo del filtrado en una fiola de 50 ml.

Se colocaron las muestras en tubos de 15 - 20 ml.

Listas las muestras fueron ingresadas al equipo ICP -OES y se determinó la concentración de arsénico.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos de los análisis de valores de arsénico en el arroz (*Oryza sativa L.*), agua de riego y suelo se procesaron mediante tablas y figuras en el software Microsoft Excel.

3.7. Aspectos éticos

Con la presente investigación se buscó determinar el arsénico total presente en el arroz, agua y suelo con la finalidad de determinar si el alimento principal está cumpliendo con los niveles máximos permitidos por la normativa internacional. Para ello, en el presente proyecto de investigación se consideraron aspectos originales y éticos que se cumple con la guía de investigación formativa, normativas internacionales y nacionales debido a que se respeta el derecho de propiedad de la capacidad intelectual de cada autor citado, considerando fuentes bibliográficas de revistas, libros, como

también artículos científicos, trabajos de investigación y otros, resaltando el uso del servicio del programa Turnitin para la originalidad del presente trabajo.

Además, se ha considerado 2 principios éticos en la investigación, el principio de Respeto por las personas y de Justicia, empezando por el respeto a las personas que tienen una relación directa con el objeto de estudio, respetando su decisión, además de darles información sobre lo investigado. Siguiendo con la Justicia, se ha buscado objetos de estudio que comprendan las mismas características y su disposición al adquirirlas para su observación (Lanza, 2012).

IV. RESULTADOS

Para la determinación de las variedades de arroz con mayor concentración de arsénico en la región Lambayeque, los resultados fueron que todas las muestras cumplen con el Nivel Máximo (NM) establecida por las normas del Codex Alimentarius.

Tabla 1: *Variedades de arroz con mayor concentración de Arsénico*

Variedad	Promedio As (mg/kg)	Codex Alimentarius As (mg/kg)
Esperanza - INIA	0.005	
Capoteña - INIA	0.005	
Tinajones - INIA	0.005	0.2
Puntilla - Jayanca	0.004	
Mallares - Mochumí	0.004	

LCM: Límite de Cuantificación del Método
Elemento: As 1937
LCM: 0.005

Fuente: Elaboración propia

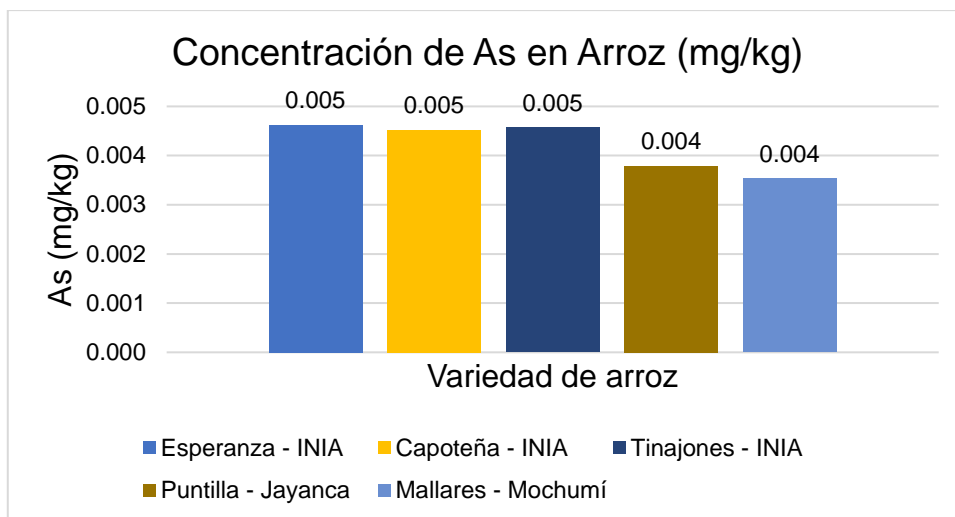


Figura 1: Variedades de arroz con mayor concentración de Arsénico

Fuente: Elaboración propia

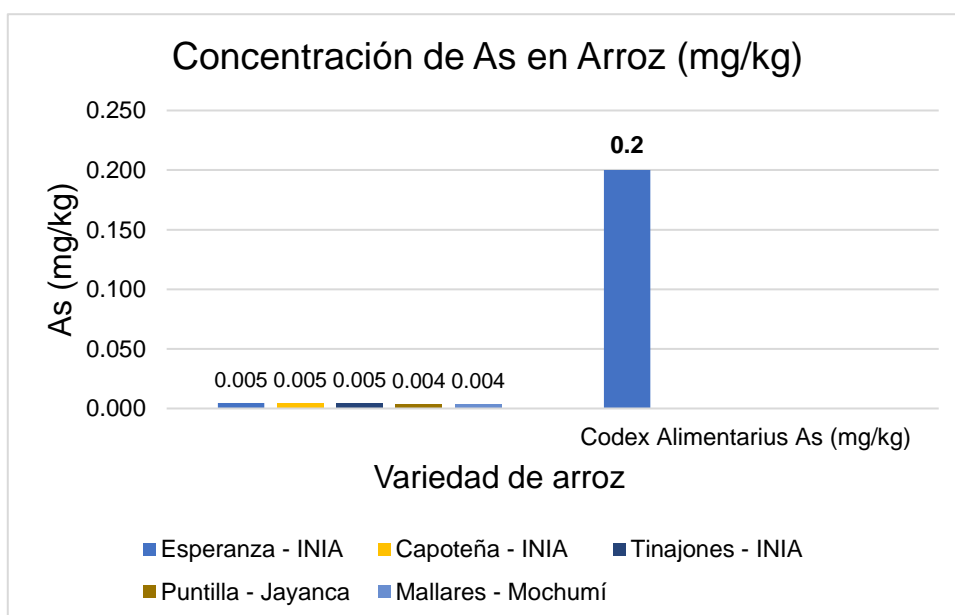


Figura 1.A: Variedades de arroz con mayor concentración de Arsénico

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que las variedades Esperanza, Capoteña y Tinajones (INIA) (0.005 mg/kg) cuentan con mayor concentración de As, seguido de Puntilla - Jayanca y Mallares - Mochumí con (0.004 mg/kg), precisando que todas las variedades se encuentran muy por debajo del Nivel Máximo (NM) que establece el Codex Alimentarius (0.2 mg/kg). Es decir, hay mínimo nivel de concentración de As.

Se identificaron que todas las variedades de arroz analizadas tienen menor concentración de arsénico que establece la norma Codex Alimentarius, lo cual significa que se encuentra apto para el consumo humano.

Tabla 2: *Variedades de arroz con menor concentración de Arsénico*

Variedad	Promedio As (mg/kg)	Codex Alimentarius As (mg/kg)
Pítipo - INIA	0.003	
Puntilla - INIA	0.003	0.2
Mallares - INIA	0.003	

LCM: Límite de Cuantificación del Método
 Elemento: As 1937
 LCM: 0.005

Fuente: Elaboración propia

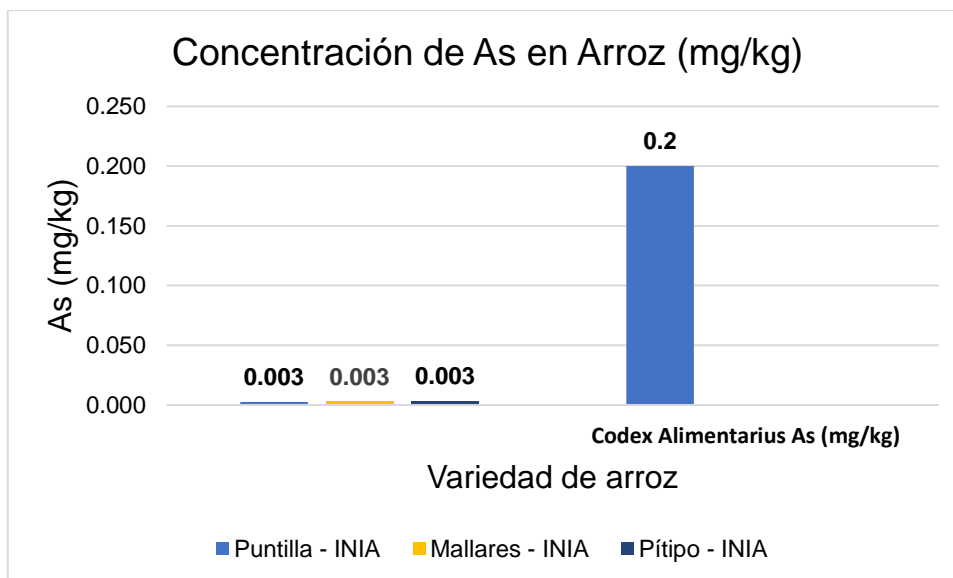


Figura 2: Variedades de arroz con menor concentración de Arsénico

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Como se puede observar en la figura 3, las variedades con menor concentración de arsénico son de Pítipo, Puntilla y Mallares (INIA) (0.003 mg/kg). Se resalta que todas las variedades se encuentran muy por debajo del Nivel Máximo (NM) que establece el Codex Alimentarius (0.2 mg/kg).

Se determinó la concentración de arsénico en suelo donde se cultiva cada variedad de arroz, mostrando estar por debajo del ECA para Suelo establecidos por el Ministerio del Ambiente, 2017.

Tabla 3: Concentración de Arsénico en suelo

Lugar	Código	As (mg/kg)	D. S. N° 011-2017-MINAM As (mg/kg)
Mochumí	MOCH-T	11.344	50
Picsi	INIA-T	9.576	
Jayanca	JAY-T	7.856	

Fuente: Elaboración propia

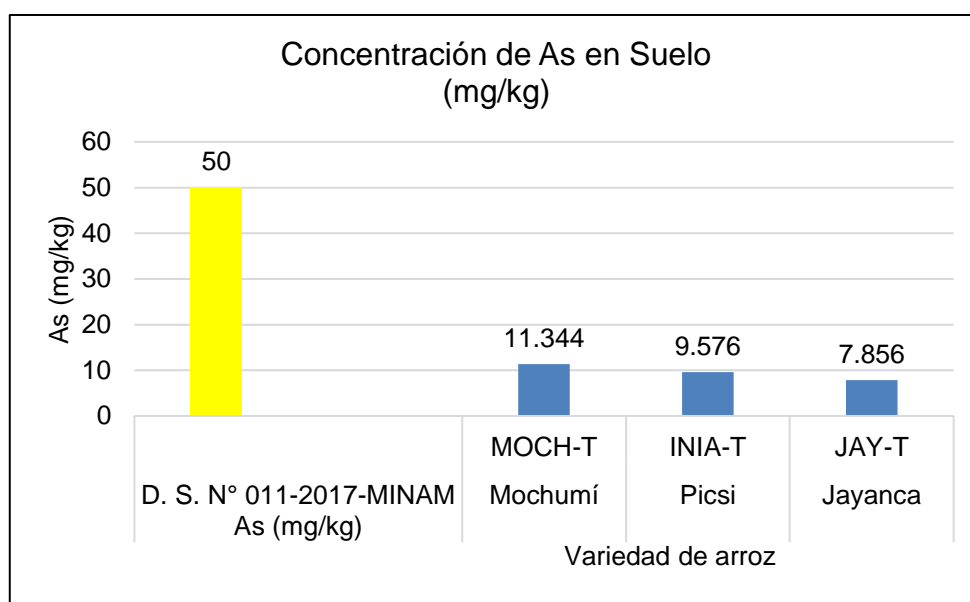


Figura 3: Concentración de Arsénico en suelo

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo a los resultados obtenidos, se muestran los valores de las tres muestras de suelo donde se cultivan dichas variedades, precisando que el suelo de cultivo con mayor concentración de As es del distrito de Mochumí con 11.344 mg/kg, Picsi - INIA 9.576 mg/kg y el más bajo es el suelo del distrito de Jayanca con 7.856 mg/kg, dichas muestras se encontraron bajo los estándares establecidos (50 mg/kg) a nivel nacional por el D. S. N° 011-2017-MINAM.

Se determinó que la concentración de arsénico en el agua de riego para el cultivo de cada variedad de arroz, resultaron encontrarse muy por debajo del Estándar de Calidad Ambiental para Agua aprobado por el D. S. N° 004-2017-MINAM.

Tabla 4: Concentración de Arsénico en agua

Lugar	Código	As (mg/L)	D. S. N° 004-2017-MINAM As (mg/L)
Jayanca	AG-JAYA	0.005	0.1
Mochumí	AG-TINA	0.004	
Picsi	AG-PICSI	0.003	

LCM: Límite de Cuantificación del Método
 Elemento: As 1937
 LCM: 0.005

Fuente: Elaboración propia

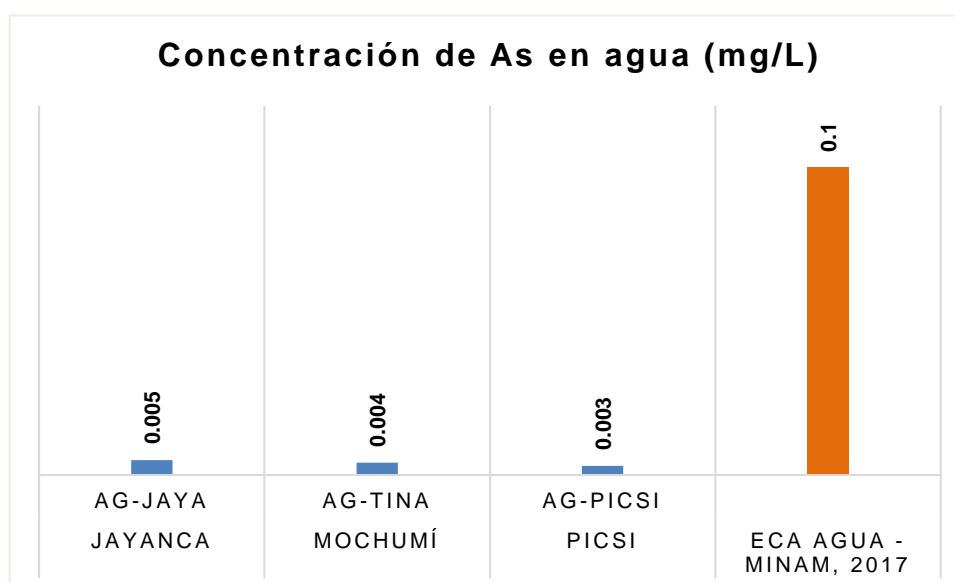


Figura 4: Concentración de Arsénico en agua

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observó que los valores de las tres muestras de agua de riego para dichos cultivos se encuentran por debajo del Estándar de Calidad Ambiental para Agua (0.1 mg/L) establecido por el D. S. N° 004-2017-MINAM. Siendo estos valores de 0.005 mg/L para el distrito de Jayanca, 0.004 mg/L Mochumí y 0.003 mg/L para Picsi – INIA. Es decir, para las tres muestras de agua de riego se observó que se encuentran muy por debajo del ECA.

Por otra parte, el método usado para los análisis de concentración de As, permite determinar la mayor cantidad de metales presentes en el objeto de estudio. Esto llevó a identificar otra problemática con respecto a la concentración de metales pesados, encontrándose concentraciones de Plomo (Pb) mayor al Nivel Máximo establecido por el Codex Alimentarius (0.2 mg/kg). Sin embargo, se aclara que este no fue el objetivo de la investigación, pero fue necesario mencionarlo y dar a conocer nueva información de cierta parte de la región.

Tabla 5: *Variedades de arroz con mayor concentración de Plomo*

Variedad	Promedio Pb (mg/kg)	Codex Alimentarius Pb (mg/kg)
Puntilla - Jayanca	3.311	
Puntilla - INIA	2.348	
Pítipo - INIA	2.151	
Tinajones - INIA	2.126	
Mallares - Mochumí	2.101	0.2
Capoteña - INIA	2.087	
Mallares - INIA	1.806	
Esperanza - INIA	1.078	

LCM: Límite de Cuantificación del Método
 Elemento: Pb 2169
 LCM: 0.004

Fuente: Elaboración propia

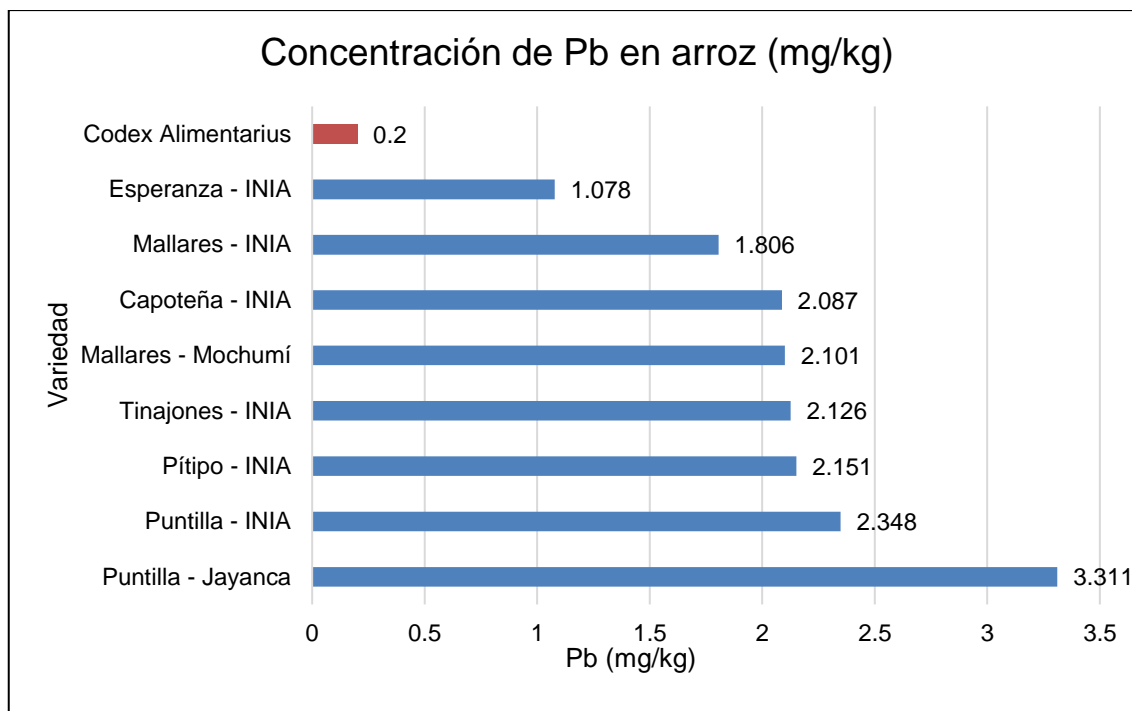


Figura 5: Variedades de arroz con mayor concentración de Plomo

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Debido a la técnica utilizada para analizar el objeto de estudio, esta permitió conocer resultados de metales pesados que superan el Nivel Máximo establecido por norma, como es el caso del Plomo (Pb), y por debajo como es el caso del Cadmio (Cd) (no fue necesario mencionar sus resultados); así también otros elementos que no se establece el NM en la normativa para el arroz. Por ello, es preciso mencionar estos resultados en el caso del metal Plomo (Pb) que superan el Nivel Máximo (NM) en las siguientes variedades como Puntilla del distrito de Jayanca con mayor concentración (3.311 mg/kg), seguido de la variedad Puntilla (INIA) (2.348), Pítipo (INIA) (2.151), Tinajones (INIA) (2.126), Mallares del distrito de Mochumí (2.101), Capoteña (INIA) (2.087), Mallares (INIA) (1.806) y Esperanza (INIA) (1.078), estas dos últimas variedades tienen la más baja concentración de Pb mg/kg, no obstante sobrepasan el Nivel Máximo (NM) que establece la norma del Codex Alimentarius (0.2 mg/kg).

De igual importancia para la investigación, el método utilizado, permite leer la concentración de otros metales, donde se encontró presencia de plomo (Pb) en las tierras de cultivo del cereal, pero por debajo del estándar establecido por el D. S. N° 011-2017-MINAM.

Tabla 6: Concentración de Plomo en suelo

Lugar	Código	Pb (mg/kg)	D. S. N° 011-2017-MINAM Pb (mg/kg)
Mochumí	MOCH-T	17.717	70
Jayanca	JAY-T	15.740	
Picsi	INIA-T	13.995	

Fuente: Elaboración propia

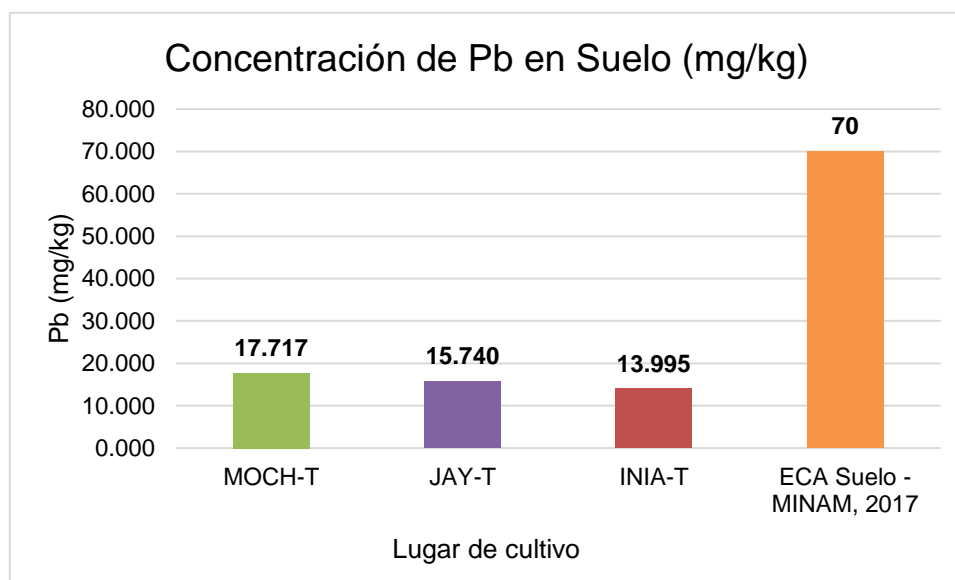


Figura 6: Concentración de Plomo en suelo

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observó que los valores obtenidos para el suelo se encuentran por debajo del Estándar de Calidad Ambiental para Suelo (70 mg/kg) establecido por el D. S. N° 011-2017-MINAM. Estos resultados se muestran para conocimiento de grupos de interés en el tema.

De igual importancia para la investigación, por el método utilizado, se observó la concentración de otros metales en la unidad de análisis, encontrándose presencia de plomo (Pb) en el agua utilizada para riego de las tierras de cultivo. Sin embargo, no superan el ECA.

Tabla 7: Concentración de Plomo en agua

Lugar	Código	Pb (mg/L)	D. S. N° 004-2017-MINAM Pb (mg/L)
Jayanca	AG-JAYA	0.014	0.05
Mochumí	AG-TINA	0.010	
Picsi	AG-PICSI	0.010	

Fuente: Elaboración propia

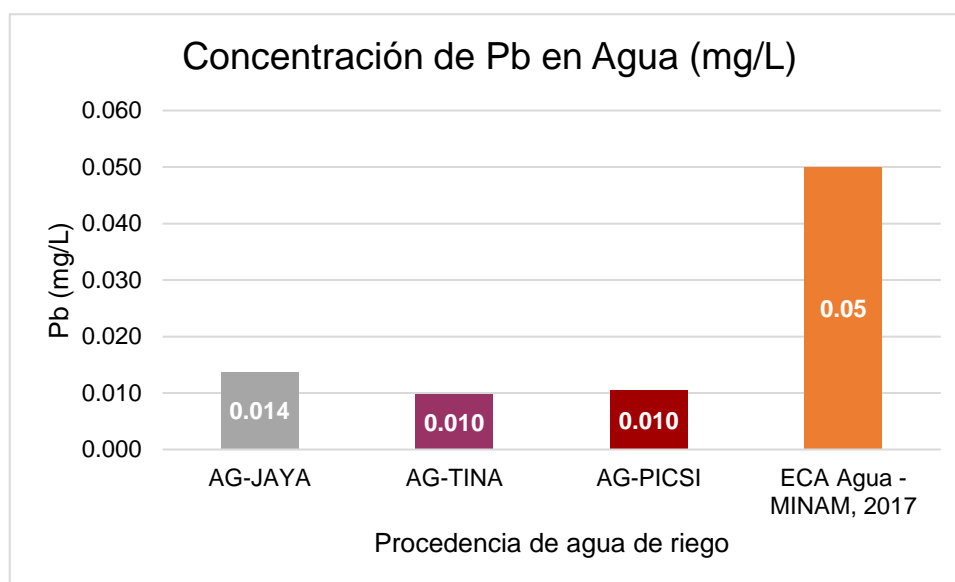


Figura 7: Concentración de Plomo en agua

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La concentración mayor de plomo en el agua de riego es para el distrito de Jayanca con 0.014 mg/L y en el caso del distrito de Mochumí y Picsi – INIA es de 0.010 mg/L, estas no superan el Estándar de Calidad Ambiental establecido a nivel nacional.

V. DISCUSIÓN

La importancia de consumir alimentos saludables es de vital importancia, es por ello que la seguridad alimentaria debe influir de manera continua en los procesos de siembra, producción y los procesos finales del producto y que estos se encuentren bajo los estándares establecidos.

Consumir alimentos bajo los lineamientos establecidos por los organismos internacionales, es de vital importancia para nuestra salud. Al respecto Ramirez (2017) determinó la concentración máxima de una sola variedad, pero de diferentes sectores, obteniendo un total de 9 muestras con un promedio de 0.16 mg/kg ubicándose bajo los estándares establecidos por la normativa del Codex Alimentarius, teniendo relevancia con los resultados obtenidos en la presente investigación con un promedio de concentración máxima de 0.004 mg/kg, asimismo Muñoz y Grados (2021) obtuvieron niveles significativos altos 0.147 mg/kg, a los resultados obtenidos, pero no supera el Nivel Máximo. Esto refleja que se observaron que estas variedades son aptas para el consumo humano.

De igual importancia para la investigación, la concentración de arsénico en el suelo también influye en la concentración final de los vegetales y cereales en este caso en arroz mediante el proceso de absorción, al respecto Del Águila (2021) evaluó la concentración de metales en el suelo entre ellos el As donde obtuvo 28.23 ppm con niveles significantes que afectan al suelo y por ello la bioacumulación en las semillas del arroz, pero se encuentra bajo el ECA establecido a nivel nacional (50 mg/kg). Por otro lado, los resultados obtenidos tienen un promedio de 9.592 mg/kg, que son inferiores a los resultados Del Águila y al estándar nacional.

En la misma línea, Estrella y Yopez (2017) determinaron el nivel de concentración de As en agua, suelo y arroz, con respecto al suelo obtuvo 3.302 mg/kg ubicándose bajo los estándares establecidos en su país, caso contrario a los resultados obtenidos en la presente, se determinó un promedio de concentración total de As 9.592 mg/kg niveles superiores referente a su investigación, pero muy inferiores al ECA para el Suelo dictaminados por el MINAM, 2017. Como afirmó luego, Aziz, Ullah y Ullah (2015) debido a la lluvia y a la etapa de inundación, el As que queda

en el suelo es 3.00 mg/kg superando el límite en EEUU (5 mg/kg para suelo agrícola), a diferencia de Perú que es 50 mg/kg el ECA para suelo agrícola.

A partir de las investigaciones, se analizó la concentración de arsénico en agua para ver su influencia de bioacumulación en el arroz, referente a ello, Estrella y Yopez (2017) determinaron la concentración final de As (0.00012 mg/kg) esto se ubica bajo la normativa nacional de su país (0.1 ppm). En semejanza a los resultados obtenidos guardan relación con el citado debido a que ambos no sobrepasan las normativas de ambos países, mostrando en las 3 muestras analizadas un promedio de concentración 0.004 mg/L de arsénico total para la investigación. En base a Torres (2011), las concentraciones de As en el cereal inciden debido a las condiciones que se cultiva elevando la concentración por el riego con agua contaminada con arsénico. En la misma perspectiva, hay otros factores que pueden ser causa de la contaminación del agua de riego, como puede ser factores naturales y antropogénicos.

Es por ello que esta investigación se basó en determinar la concentración de arsénico en diferentes variedades de arroz que se cultivan en la región Lambayeque, obteniendo resultados mediante la técnica del ICP - OES, se determinó la mayor concentración para las variedades de arroz en estudio, Tinajones, Esperanza y Capoteña – INIA 0.005 mg/kg. Asimismo, se estudió las variedades de arroz que se cultivan en los distritos de Mochumí con Mallares y Jayanca con Puntilla 0.004 mg/kg. Comparado a la normativa del Codex Alimentarius, ninguna de las variedades analizadas sobrepasó el Nivel Máximo del 0.2 mg/kg. En la misma línea, pero con diferente método, objetivo y resultado. Muñoz y Grados (2021), cuantificaron el arsénico total en 09 marcas de arroz integral procedentes de Piura y Lambayeque obteniendo un promedio total de (0.147 mg/kg) mayor al presente estudio, sin embargo, de modo similar no superó los niveles establecidos, cabe indicar que para el arroz integral el nivel de concentración fue de (0.30 mg/kg) mayor al arroz pilado (0.20 mg/kg) que fue el objeto de estudio. Por su parte Karagas et al. (2019), manifiesta que el arroz integral concentra más arsénico que el arroz blanco debido a que se acumula el As-i en su cáscara. En mención a ello, es más saludable consumir arroz pilado debido que el NM es menor al integral.

VI. CONCLUSIONES

1. Las variedades de arroz con menor concentración de arsénico que se encuentran aptas para el consumo humano son Pítipo, Puntilla y Mallares (INIA) (0.003 mg/kg).
2. Con respecto a la concentración de arsénico en el suelo de cultivo de las variedades de arroz, se obtuvieron como resultados Mochumí (11.344 mg/kg), Jayanca (7.856 mg/kg) y Picsi (9.576 mg/kg), siendo los resultados encontrados inferiores a 50 mg/kg establecido en el D. S. N° 011-2017-MINAM.
3. Asimismo, con respecto a la concentración de arsénico en el agua de riego de los campos de cultivo, los valores obtenidos para el distrito de Jayanca (0.005 mg/L), Mochumí (0.004 mg/L) y para Picsi (0.003 mg/L), encontrándose muy por debajo de lo que establece el D. S. N° 004-2017-MINAM.
4. Las variedades con mayor concentración de arsénico en la región Lambayeque son Esperanza, Capoteña y Tinajones (0.005 mg/kg), seguido de variedades Puntilla de Jayanca y Mallares de Mochumí (0.004 mg/kg).
5. Si bien es cierto, los resultados obtenidos no superan el estándar del Codex, pero la ingesta diaria de estos, hace que este metal se bioacumule con el tiempo y cause efectos en la salud a un largo plazo, debido a que el Perú es uno de los países con mayor consumo de arroz, con un promedio de 47 kg anual por persona.
6. Por último, se acepta la hipótesis nula, la concentración de As de las variedades de arroz en estudio en la región Lambayeque no supera el límite establecido por la normativa del Codex Alimentarius.

VII. RECOMENDACIONES

1. Es necesario que la entidad competente Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), debe realizar constantemente monitoreos en los procesos de producción de alimentos a fin de garantizar productos y/o alimentos en estado saludable y de inocuidad para los consumidores.
2. Debido a la técnica que se utilizó para la investigación (ICP – OES), permite determinar los resultados de las concentraciones del arsénico, así también permite determinar otros elementos que no fueron materia de investigación como es el caso del plomo Pb, entre otros; observándose en la unidad de análisis que las concentraciones de plomo (Pb) supera el Nivel Máximo (NM) que establece la normativa del Codex Alimentarius (0.2 mg/kg) para el consumo humano.
3. Los investigadores recomiendan poner en conocimiento los resultados obtenidos en la presente investigación a las autoridades para acciones de su competencia y público en general para adquirir productos saludables e inocuos.
4. Asimismo, hacer análisis a otros productos básicos que contiene la canasta familiar con la finalidad de que las concentraciones no superen el nivel máximo establecido por la normativa correspondiente y afecte su salud de los consumidores.
5. Por último, de acuerdo a lo investigado, es importante poner énfasis en el estudio de contaminación de metales pesados en el arroz integral debido a que en estudios previos se ha encontrado más concentración de metales que en el arroz blanco. Se resalta que aún no hay estudios en nuestra región referente a ello, siendo importante hacerlo por ser el arroz un alimento básico y de mayor consumo en nuestra región.

REFERENCIAS

ACEVEDO, Marco, CASTRILLO, Willian y BELMONTE, Uira. Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 56, (2): 151-170, junio 2006. Disponible: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001 ISSN: 0002-192X.

AGUINAGA Calderón, Leandro. Avances y logros en investigación en el cultivo de arroz en la costa y selva peruana. *Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA* [en línea]. Setiembre 2020. [Fecha de consulta: 03 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1161>

ATIAGA Oliva, Franco. Bioaccesibilidad del arsénico y metales pesados en arrozales de Ecuador y riesgo para la salud humana. Tesis (Doctorado en medio ambiente). Ecuador: Universidad de Santiago de Compostela (España), 2019. 177 pp. Disponible en: https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/23022/rep_2028.pdf?sequence=1&isAllowed=y

AZIZ, Abdul, ULLAH, Shah y ULLAH, Md Rafique. Arsenic in rice grains at Sonargaon, Bangladesh. *Bangladesh Journal of Botany* [en línea]. Marzo 2015, vol. 44, n°. 1. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000352119000013> ISSN: 0253-5416

CÁMARA Arroyo, Manuel. Determinación de residuos de metales tóxicos en arroz mediante ICP-MS. Tesis (Grado en Química). Jaén: Universidad de Jaén, Facultad de Ciencias Experimentales, 2018. 50 pp.

CODEX Standard 198-1995. CODEX ALIMENTARIUS. Normas Internacionales de los Alimentos [en línea]. [Consulta: 25 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/14825282/norma-del-codex-para-el-arroz-codex-alimentarius/2>.

CRUZ Fuentes, Lidia. Determinación y estudio de residuos de contaminantes inorgánicos en alimentos de origen vegetal. Tesis (Grado en Química). España: Universidad de Jaén, Facultad de Ciencias Experimentales, 2019. 48 pp.

Decreto Supremo n° 011-2017. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 02 de diciembre de 2017.

Decreto Supremo n° 004-2017. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 07 de junio de 2017.

DEL AGUILA Paredes, Eduardo. Determinación de la contaminación por metales pesados por el uso de agroquímicos en parcelas de arroz, distrito de San Hilarión – 2020. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2021. 42 pp.

ESTEBAN, Nicomedes. Tipos de Investigación. 2018. Disponible en: <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>

ESTRELLA, Jorge, YEPEZ, Katherine. Determinación de la concentración de arsénico total en cultivos de arroz en la provincia de El Oro y su relación con las propiedades físicas y químicas del suelo, agua y planta. Tesis (Grado en ingeniería Geográfica y Medio Ambiente). Ecuador: Universidad de las fuerzas armadas ESPE, 2017. 135 pp.

EE.UU: advierten de contaminación de arroz con plomo. EEUU: British Broadcasting Corporation News Mundo (13 de abril de 2013). [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2022]. Recuperado de: https://www.bbc.com/mundo/ultimas_noticias/2013/04/130411_ultnot_eeuu_contaminacion_arroz_plomo_en

FERNÁNDEZ Rodríguez, Elena. Métodos analíticos para la determinación de arsénico en arroz. Tesis (Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Química). España: Universidad Nacional de Educación a Distancia, Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Analíticas, 2020. 72 pp.

INGESTA de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana por Medina-Pizzali María [et al]. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* [en línea]. Abril 2018, vol. 35, no. 1. [Fecha de consulta: 20 mayo 2022]. Disponible en: <https://rpmesp.ins.gob.pe/rpmesp/article/view/3604>
ISSN: 1726-4642

KARAGAS, Margaret et al. Rice Intake and Emerging Concerns on Arsenic in Rice: a Review of the Human Evidence and Methodologic Challenges. *Current Environmental Health Reports* [en línea]. Noviembre 2019, vol. 6, n°. 4. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000544904800015>
ISSN: 2196-5412

Laboratorio Regional del Agua. Manual de procedimientos técnicos, Metales por ICP – OES. Revisión N° 01, Fecha de emisión: 01 de agosto de 2015.

LANZA Izaguirre, Jorge R. Principios de la Ética de la Investigación y su Aplicación. *Revista Médica Hondureña* [en línea]. Abril, Mayo y Junio 2012, vol. 80, n°. 2. [Fecha de consulta: 01 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://www.bvs.hn/RMH/pdf/2012/pdf/Vol80-2-2012.pdf>
ISSN: 0375-1112

LITTER Marta [et al.]. Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana [en línea]. Argentina: CYTED, 2008 [fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Capítulo 2. Formas presentes de arsénico en agua y suelo. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Avila-Paula/publication/234833975_LIBRO-Distribucion_Arsenio/links/0fcfd510112ed095be000000/LIBRO-Distribucion-Arsenio.pdf#page=14
ISBN: 13 978-84-96023-61-1

MEHARG, Andrew et al. Urinary excretion of arsenic following rice consumption. *Environmental Pollution* [en línea]. Julio 2014, vol. 194. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000342530800022>

ISSN: 0269-7491

Método EPA 200.7. Rev. 5.0 2001. Trace Elements in Water, Solids, and Biosolids by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emisión Spectrometry

Ministerio De Agricultura y Riego - MINAGRI. Boletín Informe De Arroz, 2017.9 pp.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MINAGRI. Producción de arroz [sin fecha]. Disponible en: <https://www.midagri.gob.pe/portal/26-sector-agrario/arroz/218-produccion>

MUÑOZ, Viviana y GRADOS, Manuel. Cuantificación de Arsénico total en arroz integral comercializado en supermercados y mercados de Lima Metropolitana. Tesis (Licenciado en Nutrición y Dietética). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ciencias de la Salud, 2021. 51 pp.

NARUKAWA, Tomohiro [et al.]. Determinación de dieciséis elementos y especies de arsénico en marrón, arroz pulido y molido. *Sociedad Japonesa de Química analítica* [en línea]. Febrero 2014, vol.30. 245-250pp. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/analsci/30/2/30_245/_article

ISSN: 1348-2246

PEREGRINO Ibarra, Claudia. Caracterización y cuantificación de las especies de arsénico presentes en acuíferos que abastecen de agua potable a la Ciudad de Chihuahua. Tesis (Maestría en Ciencia y Tecnología Ambiental). Chihuahua: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., 2017. 125 pp.

RAMIREZ, Jazmina et al. *Metodología-e-investigacion-aplicada-2018*. [en línea], [sin fecha]. S.l.: s.n. [Consulta: 20 mayo 2022]. Disponible en: <https://jalfaroman.files.wordpress.com/2019/03/dosier-metodologia-e-investigacion-aplicada-2018.pdf>.

RAMÍREZ Mestanza, Ana. Determinación de la concentración de arsénico en grano de *Oryza Sativa* Pilado procedente de los Distritos de Pacasmayo, Enero - Junio 2017. Tesis (Licenciada en Nutrición). Trujillo: Universidad César Vallejo, Facultad de Ciencias Médicas, 2017. 53 pp.

TORRES Escribano, Silvia. Bioaccesibilidad de arsénico y mercurio en alimentos con potencial riesgo toxicológico. Tesis (Doctoral). España: Universidad de Valencia, Departamento de Química Analítica, 2011. 242 pp.

VALIENTE Palma, Laura. Determinación cuantitativa de arsénico total en arroz comercializado en la ciudad de Guatemala por espectrofotometría de absorción (HGAAS). Tesis (Química Farmacéutica). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 2018. 54 pp.

ZHAO, Fang-Jie y WANG, Peng. Arsenic and cadmium accumulation in rice and mitigation strategies. *Plant and Soil* [en línea]. Marzo 2015, vol. 446, n°. 1-2. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-019-04374-6>
ISSN: 1573-5036

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala/ niveles de medición
Concentración de arsénico	<p>Se halla naturalmente en el ambiente, principalmente como sulfuro, minerales en forma natural que tienen arsénico como el realgar, arsenopirita y orpimenta. Actividades antropogénicas y naturales conducen a la acumulación de As en determinados medios como suelo, aire, cuerpos de agua, plantas y animales (Peregrino, 2017).</p> <p>U.S. Environmental Protection Agency (2001), establece que: “se determina por el método de la espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) se utiliza para determinar metales y algunos no metales en solución. Este método es una consolidación de los métodos existentes para agua, aguas residuales y desechos sólidos” (p. 1).</p>	<p>Para determinar la capacidad de concentración de arsénico presente en el arroz se utilizó el método espectrofotometría de emisión óptica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP - OES).</p>	Arroz Pilado	Nivel Máximo As (NM) 0,2 mg/kg en el arroz CODEX ALIMENTARIUS
			Suelo	ECA Suelo: As (50 mg/kg)
			Agua	ECA Agua de riego: As (0.1 mg/L)

Fuente: Elaboración propia, 2022

Anexo 02: Instrumento de recolección de datos para concentraciones de As.

Anexo 02.1: Instrumento de recolección de datos para concentraciones de As en el arroz.

CANTIDAD	MUESTRA	VARIEDAD	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO
1	ARROZ	PÍTIPO	PI1	
			PI2	
			PI3	
2	ARROZ	CAPOTEÑA	CAPO1	
			CAPO2	
			CAPO3	
3	ARROZ	MALLARES	M510-1	
			M510-2	
			M510-3	
4	ARROZ	TINAJONES	TINA1	
			TINA2	
			TINA3	
5	ARROZ	PUNTILLA	P-513-1	
			P-513-2	
			P-513-3	
6	ARROZ	ESPERANZA	ESP1	
			ESP2	
			ESP3	
7	ARROZ	MALLARES MOCHUMI	MM1	
			MM2	
			MM3	
8	ARROZ	PUNTILLA JAYANCA	PJ1	
			PJ2	
			PJ3	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02.2: Instrumento de recolección de datos para la concentración de arsénico en el agua.

CANTIDAD	ALICUOTA	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO
1	AGUA PICSÍ	AG-PICSÍ	
2	AGUA MOCHUMI	AG-TINA	
3	AGUA JAYANCA	AG-JAYA	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02.3: Instrumento de recolección de datos para la concentración de arsénico en el suelo.

CANTIDAD	ALICUOTA	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO
1	SUELO INIA	INIA-T	
2	SUELO MOCHUMI	MOCH-T	
3	SUELO JAYANCA	JAY-T	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 03: Procedimiento.

Fotografía 01: Muestreo de suelo - Estación Experimental Agraria Vista Florida - INIA – Lambayeque.



Fuente: Toma fotográfica del lugar

Fotografía 02: Muestreo de agua – Canal Jarrín Rápida Tinajones. Estación Experimental Agraria Vista Florida – INIA – Lambayeque.



Fuente: Toma fotográfica del lugar

Fotografía 03: Muestreo de suelo – Distrito de Mochumí.



Fuente: Toma fotográfica del lugar

Fotografía 04: Muestreo de agua –Canal Tinajones - Distrito de Mochumí.



Fuente: Toma fotográfica del lugar

Fotografía 05: Muestreo de suelo – Distrito de Jayanca.



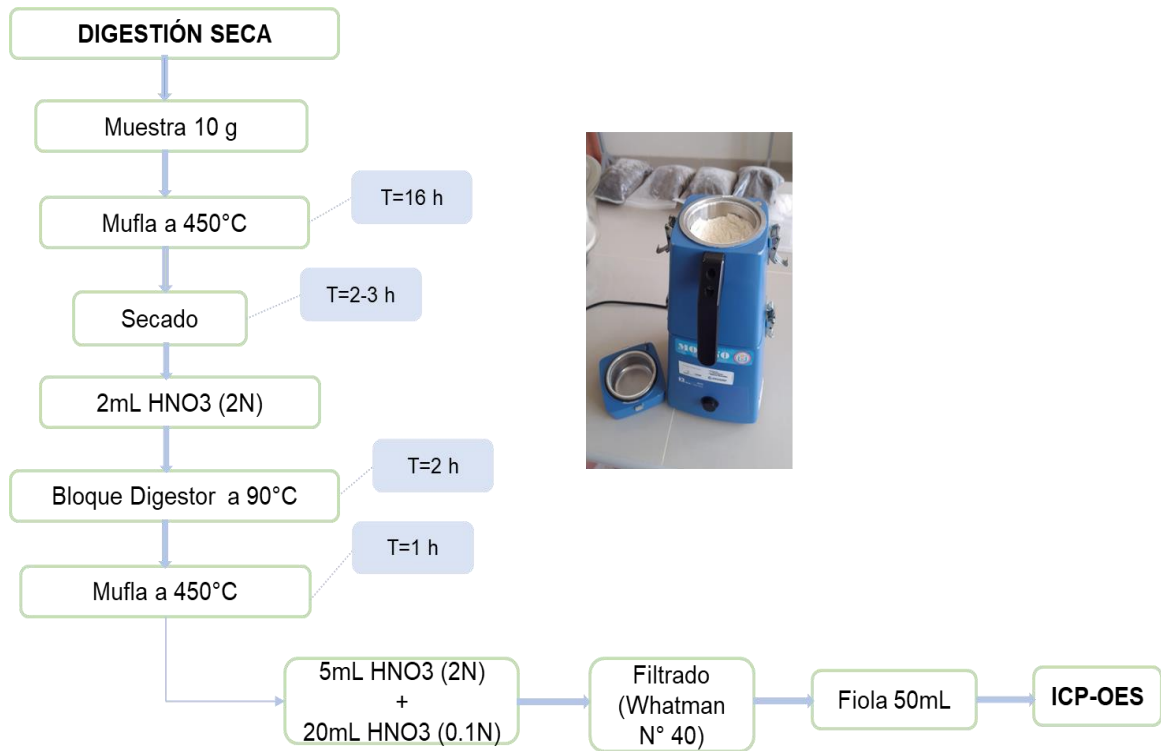
Fuente: Toma fotográfica del lugar

Fotografía 06: Muestreo de agua – Pozo 1045 - Distrito de Jayanca.



Fuente: Toma fotográfica del lugar

Anexo 03.1: Procedimiento de análisis.



Fuente: Adaptada de la EPA 200.7

Anexo 03.1: Procedimiento de análisis.

Fotografía 07: Muestras de arroz, agua y suelo.



Fotografía 08: Secado de la muestra de suelo.



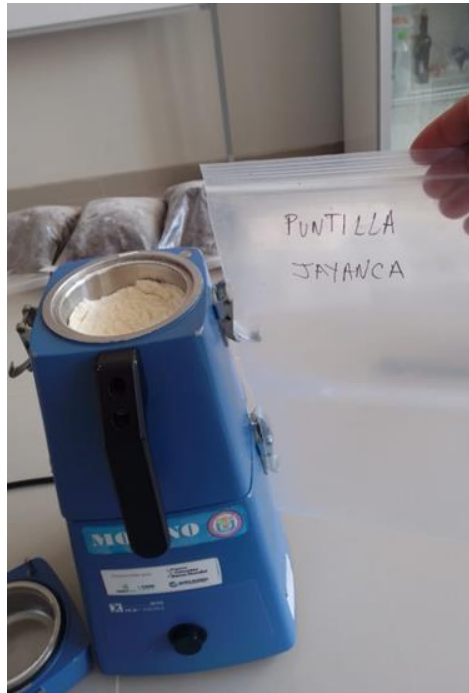
Fotografía 09: Filtrado de suelo.



Fotografía 10: Análisis de agua.



Fotografía 11: Molido de la muestra de arroz.



Fotografía 12: Incineración de muestras de arroz.



Fotografía 13: Filtrado de muestra de arroz diluidas.



Fotografía 14: Entrega de variedades de arroz por el Coordinador Nacional del Programa de Arroz – INIA.



Anexo 04: Resultados en ppm de los análisis de arroz, agua y suelo – ICP-OES.

LCM: Límite de Cuantificación del Método
Elemento: As 1937
LCM: 0.005

LCM: Límite de Cuantificación del Método
Elemento: Pb 2169
LCM: 0.004

Elemento	LCM		PJ2	MOCHU-T	AG-TINA	PJ3	MM2	ESP-3	PUNT-T
Ag 3280	0.019		<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Al 3961	0.023		0.904	161.034	0.048	0.846	2.538	14.615	78.701
As 1937	0.005		<LCM	0.191	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.087
B 2497	0.026		0.951	0.213	0.154	0.891	0.386	1.010	0.204
Ba 4554	0.004		0.027	2.317	0.027	0.025	0.021	0.081	1.150
Be 3130	0.003		<LCM	0.010	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.006
Bi 2230	0.016		<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Ca 3158	0.124		8.735	312.020	58.420	8.063	9.466	11.853	150.176
Cd 2144	0.002		0.007	0.009	<LCM	0.006	<LCM	<LCM	0.007
Ce 4040	0.004		<LCM	0.410	<LCM	<LCM	<LCM	0.008	0.231
Co 2286	0.002		<LCM	0.135	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.073
Cr 2055	0.003		0.018	0.136	<LCM	0.017	0.019	0.010	0.082
Cu 3247	0.018		0.035	0.644	<LCM	0.033	0.063	0.168	0.302
Fe 2599	0.023		0.691	262.520	0.044	0.659	0.751	0.803	135.513
K 7664	0.051		191.559	37.379	3.011	183.528	109.298	146.444	21.443
Li 6707	0.005		0.763	0.167	0.022	0.712	2.464	2.624	0.081
Mg 2852	0.019		39.069	85.804	6.433	37.069	13.346	21.013	49.933
Mn 2576	0.003		0.867	11.331	0.005	0.830	0.264	0.405	5.585
Mo 2020	0.002		0.006	0.003	<LCM	0.006	<LCM	0.004	0.004
Na 5895	0.026		3.219	5.549	15.828	3.117	2.298	5.325	3.406
Ni 2316	0.006		0.013	0.111	<LCM	0.013	0.013	0.010	0.062
P 2149	0.024		125.495	24.273	0.159	115.604	63.984	117.411	21.735
Pb 2169	0.004		0.691	0.299	0.010	0.663	0.440	0.227	0.174
S 1820	0.091		0.842	53.113	3.719	0.295	1.881	3.914	32.085
Sb 2175	0.005		<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Se 1960	0.007		<LCM	0.013	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.009
Si 2516	0.104		2.136	34.512	10.284	5.152	4.307	4.893	27.616
Sn 1899	0.007		<LCM	0.030	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.009
Sr 4077	0.003		0.026	1.693	0.232	0.025	0.033	0.099	1.002
Ti 3372	0.004		0.038	1.603	<LCM	0.037	0.024	0.054	1.044
Tl 1908	0.003		<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
U 4090	0.004		<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
V 2924	0.004		<LCM	0.617	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.364
Zn 2138	0.018		0.729	0.798	0.333	0.686	0.459	0.419	0.449
SiO2 2516	0.222		4.570	73.821	21.997	11.019	9.213	10.466	59.070

LCM: LIMITE DE CUANTIFICACIÓN DEL MÉTODO

CAPO1	MM3	CAPO3	ESP-2	ESP-1	PITIPO-2	M510-2	PITIPO-3	AG-PICSI	INI-T	AG-JAYA	PITIPO-1	CAPO2
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
0.317	2.432	0.405	14.160	13.594	0.670	4.795	0.630	0.034	118.269	0.147	0.600	0.386
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.098	<LCM	<LCM	<LCM
0.905	0.392	1.065	1.058	0.867	1.103	0.557	0.974	0.162	0.158	0.265	1.150	1.133
0.009	0.021	0.011	0.082	0.064	0.025	0.025	0.023	0.034	1.355	0.097	0.025	0.012
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.006	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
3.970	9.859	4.847	11.255	9.090	15.103	6.482	13.717	68.400	357.750	65.549	14.202	4.538
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.004	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	0.008	0.008	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.287	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.082	<LCM	<LCM	<LCM
0.012	0.018	0.013	0.009	0.009	0.012	0.055	0.011	<LCM	0.054	<LCM	0.013	0.013
0.019	0.065	0.022	0.160	0.154	0.469	0.040	0.415	<LCM	0.345	<LCM	0.480	0.022
0.241	0.741	0.270	0.752	0.721	0.284	0.485	0.252	0.027	147.933	0.028	0.280	0.312
102.936	105.865	133.081	140.420	133.793	99.722	110.561	91.338	2.470	14.460	3.070	91.259	125.444
0.770	2.572	0.897	2.748	2.073	0.633	2.689	0.546	0.017	0.148	0.007	0.685	0.954
7.674	12.734	9.990	19.780	18.828	7.053	7.434	6.475	7.143	55.916	13.521	6.492	9.386
0.379	0.258	0.444	0.387	0.375	0.175	0.172	0.160	0.013	6.815	0.011	0.173	0.443
0.004	<LCM	0.004	0.003	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.005	0.003	<LCM	0.002
3.021	2.387	3.843	4.490	4.295	3.830	2.703	3.709	21.160	4.580	36.692	3.536	3.615
0.007	0.014	0.008	0.009	0.009	0.009	0.012	0.008	<LCM	0.066	<LCM	0.009	0.008
48.195	62.133	59.327	120.440	95.701	50.207	59.334	45.367	0.090	8.947	0.639	46.579	57.890
0.416	0.438	0.479	0.233	0.193	0.454	0.396	0.404	0.010	0.144	0.014	0.445	0.482
0.322	0.917	2.056	2.814	0.922	2.667	3.088	7.611	10.914	42.088	11.310	2.619	5.068
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.009	<LCM	<LCM	<LCM
3.946	4.823	5.723	4.322	3.784	4.541	1.426	4.455	11.925	35.251	25.226	4.496	1.321
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.038	<LCM	0.034	<LCM	0.022	<LCM	0.035	<LCM
0.011	0.034	0.015	0.098	0.078	0.055	0.047	0.050	0.311	1.625	0.288	0.051	0.013
0.008	0.023	0.010	0.051	0.049	0.009	0.050	0.009	<LCM	0.694	<LCM	0.009	0.009
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.309	0.005	<LCM	<LCM
0.302	0.471	0.341	0.400	0.344	0.277	0.482	0.259	0.066	0.482	0.544	0.405	0.332
8.439	10.317	12.241	9.246	8.094	9.713	3.050	9.530	25.507	75.403	53.958	9.616	2.826

M510-1	M510-3	TINA-1	PJ1	MM1	P-513-3	TINA-2	P-513-1	P-513-2	TINA-3	MUESTRA FINAL 6V40	
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
4.389	4.698	6.313	1.000	2.482	10.382	5.587	10.224	10.514	5.397		0.060
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
0.530	0.570	1.184	1.040	0.378	0.988	0.969	0.971	0.986	0.959		0.210
0.021	0.025	0.026	0.026	0.021	0.046	0.022	0.045	0.045	0.022		0.153
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
5.640	6.074	11.127	9.507	9.742	12.160	8.970	11.526	12.316	9.138		368.380
<LCM	<LCM	<LCM	0.007	<LCM	0.003	<LCM	0.003	0.003	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	0.004	<LCM	<LCM	0.009	<LCM	0.015	0.010	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
0.051	0.052	0.057	0.019	0.019	0.015	0.051	0.017	0.015	0.049		<LCM
0.037	0.040	0.323	0.034	0.066	0.151	0.285	0.147	0.149	0.293		<LCM
0.433	0.460	1.074	0.693	0.746	1.047	0.938	1.053	1.077	0.928		0.046
101.494	107.234	218.513	211.704	107.731	122.587	198.821	119.876	122.948	197.745		1.477
2.784	3.054	3.489	0.779	2.350	3.787	2.813	3.636	3.678	2.866		0.023
6.809	7.392	39.197	42.722	12.753	17.036	35.013	16.738	17.117	34.990		55.187
0.154	0.168	0.496	0.896	0.253	0.331	0.441	0.336	0.340	0.446		<LCM
<LCM	<LCM	0.004	0.007	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003	<LCM	<LCM
2.616	2.668	4.991	3.584	2.392	5.691	3.992	5.545	5.886	4.367		129.426
0.012	0.012	0.018	0.013	0.012	0.012	0.016	0.012	0.012	0.015		<LCM
51.091	58.482	141.870	136.084	61.871	100.761	123.631	95.722	95.730	124.582		0.048
0.341	0.369	0.478	0.731	0.431	0.476	0.415	0.469	0.469	0.410		0.048
0.814	2.872	3.619	0.726	2.418	2.911	0.526	8.611	3.077	1.852		41.088
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
4.281	4.703	4.724	6.063	4.639	5.393	4.432	4.456	5.307	5.325		20.476
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
0.040	0.043	0.075	0.030	0.035	0.094	0.063	0.092	0.094	0.064		1.585
0.045	0.048	0.074	0.041	0.023	0.065	0.064	0.063	0.066	0.064		<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
0.425	0.618	1.003	0.727	0.485	0.718	0.796	0.597	0.589	0.764		<LCM
9.158	10.060	10.104	12.968	9.922	11.536	9.479	9.532	11.352	11.390		43.797



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MONTEZA ARBULÚ CÉSAR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Determinación de la concentración de arsénico en diferentes variedades de arroz de la región Lambayeque - 2022", cuyos autores son REQUE URCIA LIZETH MARYLIN, RIVERA GIRON KENYI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado 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 César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 30 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MONTEZA ARBULÚ CÉSAR AUGUSTO DNI: 16681280 ORCID: 0000-0003-2052-6707	Firmado electrónicamente por: MARBULUCA el 12- 12-2022 09:52:47

Código documento Trilce: TRI - 0463141