



**Universidad
Norbert Wiener**

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÌMICA

**Escuela Académico Profesional de Farmacia y
Bioquímica**

DETERMINACION DE ARSENICO EN ARROZ ENVASADO A
GRANEL EXPENDIDO EN LOS MERCADOS DE LIMA
METROPOLITANA, MES DE NOVIEMBRE AÑO 2020

Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

Autor: TEJEDA GUILLERMO, MANUEL

Lima – Perú

2020

Tesis

DETERMINACION DE ARSENICO EN ARROZ ENVASADO A
GRANEL EXPENDIDO EN LOS MERCADOS DE LIMA
METROPOLITANA, MES DE NOVIEMBRE AÑO 2020

Asesor

Lizano Gutiérrez, Jesús Víctor

Código ORCID

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Javier Tejeda López y Rebeca Guillermo Panduro que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para llegar hacer un profesional de la patria.

A mis hermanos y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria

Bach. Tejeda Guillermo, Manuel Ángel

AGRADECIMIENTO

El amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban mis padres por mi avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único y se refleja en la vida de un hijo.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por confiar cada día y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, en las que su compañía y la llegada de sus cafés era para mí como agua en el desierto, gracias a mi padre por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Gracias a Dios por la vida de mis padres, también por bendecir mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar a lado de las personas que sé que más me aman, y a las que yo sé que más amo en mi vida, gracias a Dios por permitirme amar a mis padres, gracias a mis padres por permitirme conocer de Dios y de su infinito amor.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

Bach. Tejeda Guillermo, Manuel Ángel

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Portada	i
Título	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice General	v
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
Resumen	viii
Abstrac	ix
Introducción	1
CAPITULO I: EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del problema	4
1.2.1 Problema general	4
1.2.2 Problema específico	4
1.3 Objetivos de la investigación	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Justificación de la investigación	6
1.4.1 Teórica	6
1.4.2 Metodológico	6
1.4.3 Práctica	6
1.5 Limitaciones de la investigación	6
CAPITULO II: MARCO TEORICO	7
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.2 Bases Teóricas	11
2.3 Formulación de hipótesis	15

CAPITULO III: METODOLOGIA	16
3.1. Método de investigación	16
3.2. Enfoque investigativo	16
3.3. tipo de investigación	16
3.4. Diseño de la investigación	16
3.5. Población, muestra y muestreo	16
3.6. Variables y operacionalización	18
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.7.1. Técnica de recolección de datos	18
3.7.2. Descripción de instrumentos	23
3.7.3. Validación de instrumentos	23
3.8. Procesamiento y análisis de datos	23
3.9. Aspectos éticos	23
CAPITULO IV: PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS	24
4.1. Resultados	24
4.1.1. Análisis descriptivo de resultados	24
4.1.2. Prueba de Hipótesis	32
4.1.3. Discusión de resultados	32
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
5.1. Conclusiones	34
5.2. Recomendaciones	35
REFERENCIAS	36
ANEXOS	41
Anexo 1: Matriz de consistencia	
Anexo 2: Instrumento	
Anexo 3: Validez del Instrumento	
Anexo 4: Evidencia del trabajo de investigación	
Anexo 5: Resultados de arsénico en arroz	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Concentraciones de Arsénico en muestras de arroz de origen nacional e importado expendido en los mercados de Lima Metropolitana	24
Tabla 2. Distribución de las muestras de arroz de origen importado expendido en los mercados de Lima Metropolitana según valores permisibles de Arsénico	26
Tabla 3. Distribución de las muestras de arroz nacional expendido en los mercados de Lima Metropolitana según valores permisibles de Arsénico	28
Tabla 4. Comparación de concentración promedio de Arsénicos en arroz de origen nacional e importado con los estándares internacionales	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Curva de Calibración de Arsénico	21
Figura 2. Diagrama de flujo de procesamiento de muestra	22
Figura 3. Concentración de Arsénicos en muestras de arroz de origen nacional expendido en los mercados de Lima Metropolitana	25
Figura 4. Distribución de las muestras de arroz de origen importado expendido en los mercados de Lima Metropolitana según valores permisibles de Arsénico	27
Figura 5. Distribución de las muestras de arroz de origen nacional expendido en los mercados de Lima Metropolitana según valores permisibles de Arsénico	29
Figura 6. Valores de concentración de Arsénicos en muestras de arroz de origen nacional e importado expendido en los mercados de Lima Metropolitana	31

RESUMEN

La presente investigación tiene como **objetivo** “Determinar la concentración promedio de arsénico en arroz envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana en el mes de noviembre, año 2020”. **Método:** Se evaluaron 33 muestras de arroz pulido, entre nacional e importado, obtenido de la Zona Sur, Este y Norte de Lima Metropolitana; analizados por el Método de Absorción Atómica con Generador de Hidruros, y se registró los datos con un instrumento validado, se consideraron los valores estándares (200 µg de arsénico/Kg de arroz) del *Codex Alimentarius* y Reglamento de la Unión Europea 2015/1006. **Resultados:** Se obtuvieron del total de las 33 muestras de estudio un valor promedio de 155,5 µg de Arsénico / Kg de arroz; de las 30 muestras nacionales se encontró el valor promedio de 154,7 µg de Arsénico / Kg de arroz; y de las 3 muestras de arroz importadas se encontró 163,3 µg de arsénico / Kg de arroz. **Conclusiones:** Se encontraron valores promedio debajo de los estándares internacionales. Los valores de arsénico inorgánico en arroz nacional en promedio están dentro de lo permitido (155,5 µg de arsénico / Kg de arroz), pero se encontraron que el 50% de las muestras analizadas de la Zona Norte de Lima Metropolitana presentaron valores por encima de lo establecido, lo que nos compromete a seguir investigando.

Palabra clave: arsénico, arroz pulido, *Codex Alimentarius*

ABSTRAC

The **objective** of this research is "To determine the average concentration of arsenic in rice packed in bulk sold in the markets of Metropolitan Lima in the month of November, 2020". **Method:** 33 samples of polished rice were evaluated, between national and imported, obtained from the South, East and North Zone of Metropolitan Lima; Analysed by the Atomic Absorption Method with Hydride Generator, and the data was recorded with a validated instrument, the standard values (200 µg of arsenic / Kg of rice) of the Codex Alimentarius and European Union Regulation 2015/1006 were considered. **Results:** From the total of the 33 study samples, an average value of 155.5 µg of Arsenic / Kg of rice was obtained; Of the 30 national samples, the average value of 154.7 µg of Arsenic / Kg of rice was found; and of the 3 imported rice samples, 163.3 µg of arsenic / Kg of rice was found. **Conclusions:** Average values were found below international standards. The inorganic arsenic values in national rice are on average within what is allowed (155.5 µg of arsenic / Kg of rice), but it was found that 50% of the samples analysed from the North Zone of Metropolitan Lima presented values above of the established, which commits us to continue investigating.

Keyword: arsenic, polished rice, Codex Alimentarius

INTRODUCCIÓN

El arroz es el segundo cereal de mayor consumo a nivel mundial, además de ser usado por la gran mayoría de la población como fuente de energía alimenticia. Según la “*Food and Agriculture Organization of the United Nations*” (FAO) la producción a nivel global de arroz en el año 2017 se incrementó de 2,9 millones de toneladas a 759,6 millones de toneladas, en América Latina y el Caribe aumentó la producción en 28 millones de toneladas (1). El Perú es uno de los mayores consumidores de arroz en el ámbito de Latinoamérica, llegando a un consumo promedio de 54 kilogramos anuales por habitante, además se reporta que más del 85% proviene de Asia (2,3).

El arsénico (As) es un elemento de la naturaleza terrestre de amplia distribución en el medio ambiente, lo encontramos en el aire, el agua y la tierra; en su forma inorgánica es muy tóxico; y su exposición a altos niveles de este elemento puede suceder por diversas causas, una forma es el consumo de agua contaminada para la preparación de comidas, otra forma es por el riego de cultivos y procesos industriales, la exposición continua al arsénico inorgánico, en especial a través del consumo de agua contaminada o cultivos alimentarios regados con agua rica en arsénico puede causar intoxicación crónica. El arsénico representa una amenaza importante para la salud pública, sus efectos más característicos son la aparición de lesiones cutáneas y cáncer de piel (4).

En los suelos de los arrozales se pueden encontrar arsénico de origen natural, que pueden haber sido contaminados por el agua de riego, la lluvia y el aire que se encuentran contaminados con arsénico de origen antropogénico, como lo observado en la minería y la fundición, y todo aquello utilizado para la producción de la agricultura y ganadería. Los arrozales absorben arsénico del suelo, principalmente cuando el suelo se encuentra en condiciones reductoras, y en consecuencia se acumula en el grano y la paja. En el arroz

se puede encontrar arsénico inorgánico (arsenito y arseniato) y arsénico orgánico (ácido monometilarsónico y ácido dimetilarsónico) (5,6).

La normativa que alcanza a los niveles de arsénico en agua de uso doméstico y alimentos es compleja; esta puede ser diferente en cada país y modificarse con el tiempo; como se observa que, en el año 1993, la Organización Mundial de la Salud redujo su criterio recomendado para agua potable de 50 a 10 μg de arsénico/L. También, se observa en los valores establecidos por el “*Codex Alimentarius*” para arroz pulido con 0,2 mg As/kg. A pesar que la OMS y el *Codex Alimentarius* no son instituciones reguladoras con el poder de establecer normas y hacerlas cumplir, su criterio recomendado relacionado al arsénico se incluye en la normativa de diferentes países, como es el caso de Perú (7,8)

CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Se ha demostrado que el arsénico puede ser tóxico para el hombre de acuerdo con la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer; esta sustancia y sus compuestos inorgánicos han sido clasificados como (Grupo 1) “carcinogénicos para el hombre”, sus compuestos orgánicos: ácido monometilarsónico y ácido dimetilarsínico son clasificados como (Grupo 2) “posiblemente carcinogénicos para el hombre” (9, 10). En diversas investigaciones se han observado que la intoxicación crónica por arsénico es un serio problema de salud pública en todo el mundo (11,12).

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA de sus siglas en inglés) encontró en estudios epidemiológicos la probabilidad de producir cáncer de pulmón, vejiga y piel con 1% de riesgo adicional con el consumo de entre 0,3 – 0,8 µg de arsénico por kg de peso corporal por día; ya no es apropiado la ingesta semanal tolerable de 15 µg de arsénico por kg de peso corporal declarado por el Comité Mixto FAO / OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA). Además, EFSA estimó que la exposición al arsénico en el alimento de 19 países europeos oscila entre 0,13 y 0,56 µg de arsénico por kg de peso corporal por día. Se puede decir que existe el riesgo potencial para la salud de la población relacionado a la ingesta de metales pesados como el arsénico; razón por el que se ha establecido regulaciones que restringe la tolerancia del arsénico en alimentos, por ejemplo, en el arroz (13).

En Perú, el arroz es un alimento de consumo masivo en todos los estratos sociales, encontrándose que un peruano consume en promedio total per cápita 47,4 kg de arroz al año; siendo la fuente energética primordial de la cultura alimentaria en el Perú. Se ha observado una contaminación crónica por arsénico relacionado directamente al desarrollo de la minería y metalurgia, además las aguas superficiales y subterráneas

de cuencas que desembocan de la cordillera andina, como en el caso de la provincia de Ilo en el Perú, se logró obtener niveles elevados de arsénico, también se encontró valores de arsénico entre 0,2 – 0,4 mg/L en los ríos Locumba y Rímac y en Puno valores de 0,18 mg/L (14,15).

La normativa de cada país ha determinado los límites de concentración de arsénico para el arroz, en la Unión Europea está establecido por el Reglamento de la Unión Europea 2015/1006, la FAO y OMS establecen las normas del *Codex Alimentarius*; en el Perú tomamos a la normativa internacional como referencia (16).

En este sentido para aportar con información científica actual y local se planteó la presente tesis que pretende dar respuesta a la pregunta ¿Cuánto será la concentración promedio de arsénico en arroz envasado a granel expandido en los mercados de Lima Metropolitana el mes de noviembre, año 2020?

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuánto será la concentración promedio de arsénico en arroz envasado a granel expandido en los mercados de Lima Metropolitana el mes de noviembre, año 2020?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuánto será la concentración promedio de arsénico en arroz nacional envasado a granel expandido en los mercados de Lima Metropolitana en el mes de noviembre, año 2020?

- ¿Cuánto será la concentración promedio de arsénico en arroz según la zona norte, sur y este en los mercados de Lima Metropolitana, en el mes de noviembre, año 2020?

- ¿Cuánto será la concentración promedio de arsénico en arroz importado envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, en el mes de noviembre, año 2020?

- ¿Cuál será la diferencia de arsénico en arroz nacional e importado envasados a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, con los estándares internacionales?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar la concentración promedio de arsénico en arroz envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana el mes de noviembre, año 2020

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración promedio de arsénico en arroz nacional envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana en el mes de noviembre, año 2020

- Determinar la concentración promedio de arsénico en arroz según la zona norte, sur y este en los mercados de Lima Metropolitana, en el mes de noviembre, año 2020

- Determinar la concentración promedio de arsénico en arroz importado envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, en el mes de noviembre, año 2020

- Comparar las concentraciones promedio de arsénico en arroz nacional e importado envasados a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, con los estándares internacionales

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Teórica

La información obtenida de la investigación contribuirá en conocer en qué grado de contaminación se encuentra uno de los alimentos más consumidos por la población limeña como es el arroz; y potenciales orígenes del arroz expendido en Lima Metropolitana.

1.4.2 Metodológico

La investigación aportará un modelo de metodología analítica para la determinación de arsénico en arroz, considerando que son un número reducido de laboratorios en el Perú que realizan estos análisis y se debe de ceñir a su protocolo de análisis.

1.4.3 Práctica

La información encontrada en la presente investigación servirá para que las autoridades locales y nacionales de control de alimentos tengan una referencia y puedan tomar medidas sanitarias identificando y verificando el grado de contaminación de este producto de consumo masivo en el ámbito local.

1.5 Limitaciones de la investigación

- Para la determinación de Arsénico en arroz envasado a granel se encontró un número bien limitado de laboratorios disponibles para este fin, y sus costos son bien elevados por muestra.
- Para realizar una determinación de arsénico en arroz, cada laboratorio tiene su propio protocolo de toma de muestra y para realizar este procedimiento se eligió el laboratorio sin opción a cambiar por algún caso no esperado.
- La selección de la muestra a estudiar según origen nacional o importado se registró de acuerdo con la confirmación del propietario del puesto de ventas en la que se obtuvo la muestra.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Valiente L, (2018) en su investigación de tipo observacional desarrollado en la Universidad de San Carlos de Guatemala propuso como **objetivo:** *“Determinar la presencia de arsénico en arroz que se comercializa en las cadenas de supermercados y si lo detectado está dentro del límite máximo permitido por el Codex Alimentarius”.*

Método: para la técnica de determinación de As usó patrones de As a concentraciones variadas a partir de un patrón de referencia certificado con la que elaboraron una curva de calibración lineal, usados para la evaluación de los resultados de las muestras. Posteriormente se hicieron las mediciones de muestras con Espectrofotometría de Absorción Atómica. **Resultado:** obtuvo de su muestra de 17 tipos de arroz, un promedio de 0.35mg de As / Kg de arroz, y determinó que el arroz blanco presenta 0.26mg/Kg.

Concluyó que las concentraciones de As inorgánico en arroz podrían representar un daño potencial para la población que lo consume (17).

Estrella J. y Yépez K. (2017) en su investigación de tipo observacional desarrollado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Sangolquí, Ecuador se plantearon como **objetivo:** *“Estudiar las concentraciones de arsénico total en suelo, agua, planta y grano de arroz, así como determinar propiedades del suelo para relacionar con las concentraciones de As en la planta de arroz”.* **Método:** seleccionaron 5 puntos de muestreo de grano de arroz del mismo lugar que muestrearon los suelos. Para la determinación de Arsénico usaron el método de espectrometría de absorción atómica con flama. **Resultados:** encontraron concentraciones de 186 µg de arsénico / kg de arroz, y hasta valores de 237 µg de arsénico / kg de arroz. **Conclusiones:** Las concentraciones encontradas fueron por encima de los límites máximos permisibles (18).

Cano G. (2018) desarrollo un trabajo de investigación de tipo experimental en la Universidad Miguel Hernández de Elche, España y se planteó el **Objetivo:** “*determinar las concentraciones de arsénico de 8 tipos de arroz antes y después de lavarlos*”. **Método:** analizo 8 tipos de arroces diferentes nacionales e internacionales, muestreados de cadenas de supermercados, determinaron el arsénico por espectrofotómetro de absorción atómica. **Resultados:** encontraron concentraciones de arsénico de 125 ± 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$. **Conclusión:** en general se determinaron niveles de arsénico total de procedencia de España más altos que los procedentes de la india y Tailandia; y las concentraciones encontradas son inferiores según el reglamento 2015/1006 europeo con límites de arroz no sancochado $200 \mu\text{g}/\text{kg}$ (19).

Cruz F. (2017) desarrollo su investigación de tipo experimental en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador en el planteo el **objetivo:** “*determinar el arsénico total en alimentos a base de arroz para niños de hasta 3 años y para celíacos*”. **Método:** realizó un muestreo de los productos fabricados a partir del arroz, en los supermercados de tres ciudades distintas, y analizó por el método de espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente. **Resultados:** encontró concentraciones inferiores al límite de detección de $500 \mu\text{g}/\text{kg}$. Por tal razón los resultados no fueron comparados con la norma *Codex Alimentarius*, para arsénico. En la versión de la norma sustenta que la cantidad límite de arsénico permitido en los productos fabricados con arroz es de $0.3 \text{ mg}/\text{kg}$. **Conclusión:** concluye que las muestras investigadas presentan concentración máxima establecida (20).

Li et al., (2015) desarrollaron una investigación de tipo observacional apoyados por el Programa Internacional de Cooperación Científica y Tecnológica de China en el que se planteó el **objetivo** de “*examinar el contenido arsénico total y arsénico inorgánico en la*

principal zona de cultivo de arroz de China". **Método:** recogieron un total de 446 muestras de arroz de las 15 más importantes provincias de producción de arroz de China. Analizaron sus muestras utilizando espectrometría de masa-plasma acoplado inductivamente y cromatografía líquida de alta resolución. Sus **resultados** en promedio fueron en arroz nacional de 255 µg de As / kg de arroz sin pulir y 143 µg de As / kg de arroz pulido. **Conclusión:** la contaminación de As del arroz pulido chino se encontró dentro del límite permitido; pero la contaminación de As en arroz sin pulir produce una preocupación importante para la seguridad alimentaria (21).

Cruz L. (2019) desarrollo su investigación de tipo observacional en la Universidad de Jaén, España y se planteó el **objetivo:** "*determinación de trazas de los metales tóxicos arsénico, cadmio zinc y plomo en 16 muestras de arroz de marcas comercializadas en España*". **Método:** utilizó la digestión ácida acelerada con microondas, continuando con la determinación mediante Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS). **Resultados:** obtuvo que las muestras investigadas superaron los límites de la normativa "Comisión Europea 2015/1006", que sustenta la concentración de 0,200 mg/kg, como el máximo valor de arsénico permitido en el arroz. **Conclusiones:** concluye que los metales pesados investigados, y dentro de estos, el arsénico es el metaloide con más cantidad de muestras y supera el límite de 0,200 mg/kg sustentado por la Comisión Europea 2015/1006 (22).

Atiaga O. (2019) desarrollo su investigación de tipo experimental en la Universidad Santiago de Compostela, España y se planteó el **objetivo:** "*analizar la variabilidad espacial del contenido total de arsénico y metales pesados en arrozales ubicados en Ecuador, y otros países de Latinoamérica (Brasil y Perú) y en la península Ibérica*". **Método:** investigaron en muestras de arroz comercial, además de grano de arroz a partir

directamente de los cultivos de arroz, y planta de arroz como el tallo, hojas, cáscara y fitolitos. **Resultados:** encontró que la concentración promedio de arsénico total en el arroz integral comercial ($0.221 \pm 0.014 \text{ mg kg}^{-1}$) fue mayor que la concentración del arroz precocinado ($0.156 \pm 0.021 \text{ mg kg}^{-1}$), y también encontró la concentración de arsénico en el arroz pulido ($0.130 \pm 0.034 \text{ mg kg}^{-1}$); este valor encontrado fue más baja entre los otros arroces comerciales; estas diferencias atribuidas a los procesos a los que se somete el grano de arroz para su producto final. **Conclusión:** concluye que la concentración de arsénico total en el arroz comercial de Ecuador y de los países Latinoamericanos, fueron similares entre ellos y significativamente menor que el arroz comercial de los países de zona Península Ibérica (23).

Pazmiño G y Mendieta R. (2018) desarrollaron una investigación de tipo experimental en la Escuela Agrícola panamericana Zamorano, Honduras y se plantearon el **objetivo:** “*Evaluar el efecto del riego por goteo e inundación y la acumulación de arsénico en dos variedades de grano de arroz*”. **Método:** su muestreo lo realizaron al azar por parcelas en cuatro repeticiones obteniendo un total de 32 muestras. **Resultados:** observaron que en el riego por inundación la concentración fue más alta con 4.52 mg de arsénico / Kg de arroz y en el riego por goteo fue de 0.08 mg de As / Kg de arroz. **Conclusiones:** el método de riego por goteo disminuyó significativamente la absorción de arsénico en el cultivo de arroz, siendo una práctica recomendable para cuidar el medio ambiente y la salud pública (24).

Fernández E. y Fernández A. (2019) desarrollaron una investigación de tipo observacional en la Universidad Peruana Unión, en el Perú, y se plantearon como **objetivo** “*Analizar la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz mediante un estudio de revisión*”. **Metodología**

desarrollaron la recopilación de información en las bases de datos PMC de Europa, EBSCO, Springer Link, Science Direct, además de usar otros. **Resultados:** encontraron las concentraciones de arsénico inorgánico 200; 420; 260 μg de As / kg de arroz en los granos. **Concluyeron** que existe contaminación en los tres medios investigados como fueron: agua, suelo y grano de arroz, sobrepasando los estándares de las normativas consideradas en los dos metales pesados arsénico y cadmio, consideras como un riesgo ambiental y también involucrada la seguridad de los alimentos de la población que consume (25).

Ramírez A. (2017) desarrollo su investigación de tipo observacional en la Universidad Cesar vallejo en el Perú, y se planteó el **objetivo:** “*Determinar de la concentración de arsénico en grano de arroz pilado procedente de los distritos de Pacasmayo*”. **Método:** su análisis lo realizó en nueve muestras de grano de arroz pilado, y empleó para el análisis del arsénico, el método de espectrometría de absorción atómica con generación de hidruros. **Resultado:** obtuvo una concentración promedio de 0,16 mg de arsénico / kg de grano de arroz pilado. A partir de sus resultados evaluó la relación entre la concentración de arsénico en el arroz y la concentración de arsénico en el agua y suelo de cultivo, logrando determinar con el índice de coeficiente de correlación de Pearson, como resultado obtuvo -0,612 y -0,133 respectivamente. **Conclusiones:** concluyó que la concentración de arsénico en las muestras de arroz pilado investigado, agua y suelo de cultivo no fueron superiores a los estándares nacionales e internacionales de referencia; además de encontrar que no existe correlación entre la concentración de arsénico en las muestras investigadas (26).

2.2 Bases Teóricas

Arroz

El arroz es un producto alimenticio cosechado y consumido en el mundo desde la antigüedad, y se ha encontrado que más de la mitad de la población mundial consume este cereal, representando una fuente importante de la alimentación (FAO, 1990). El grano de arroz con cáscara está compuesto de una capa exterior llamada cáscara y la cariósida, conocido como arroz integral. La Norma del Codex para el arroz de la OMS/FAO, define arroz como los granos enteros o quebrados de la especie *Oryza sativa* L. Se clasifican según el tamaño de su grano en arroz de grano largo, arroz de grano medio y arroz de grano corto. Desde el punto de vista comercial, el arroz pulido, también llamado a veces arroz blanco, es arroz al que se le ha quitado la mayor parte del salvado (cáscara) mediante la operación de molienda conocida como blanqueo (27).

El arroz se cultiva principalmente en Asia. En Chile las principales regiones del cultivo de arroz son VII y VIII regiones (28). Los factores genéticos, el suelo, las condiciones climáticas y los procesos industriales afectan el nivel final de minerales y contaminantes en el arroz. (29).

Análisis de los metales por espectrofotometría de absorción atómica

Constituye un medio sensible para la determinación cuantitativa de más de 60 elementos metálicos o metaloides (Skoog et al., 2001). Ofrece sensibilidad, precisión y relativa sencillez en la operación (30). 10 diferentes formas de introducción de la muestra y atomización han sido desarrolladas para esta técnica, la cual puede atomizarse fácilmente para el análisis rutinario (31). En cuanto a la medición de los metales, la terminología elementos traza se utiliza generalmente cuando se les relaciona con su análisis ya que se trata de la detección de concentraciones en partes por millón (ppm) y ultra traza cuando su cuantificación se encuentra en parte por billón (ppb) (32)

Origen de los metales pesados

La exposición de los seres humanos a los elementos metálicos, así como a la contaminación del ambiente, se debe tanto a factores naturales (por ejemplo; erosión de los depósitos minerales metálicos en la superficie), como a factores derivados de las actividades humanas. La contaminación antropogénica se puede originar por el ingreso ambiental de componentes sintéticos llamados xenobióticos, razón por el cual, tienen múltiples causas; y pueden ocasionar diferentes problemas y efectos adversos en un corto o largo plazo. Las causas antropogénicas de la contaminación, dentro de las actividades productivas, podemos encontrar a la explotación de los recursos renovables y no renovables; la agricultura; la industria. las actividades no productivas; y dentro de estas el transporte; las actividades domésticas; los servicios, los procesos sociales, en el patrón cultural, encontramos a la economía del consumo; tabaquismo, alcoholismo y medicamentos (33).

Daños potenciales en la salud

Hay tres formas principales que los metales pesados entren en contacto con el organismo y cultivos.

- La primera vía es a través de la deposición atmosférica de los contaminantes en el agua y el suelo,
- La segunda es el riego de los cultivos o beber agua contaminada,
- La tercera vía es a través de la acumulación de los elementos metálicos en la cadena alimenticia (34,35).

Arsénico

Es un elemento que podemos encontrar principalmente en aire, agua y suelo, y cuenta con diferentes usos como en la medicina, agricultura e industrias. La mayor parte del arsénico que encontramos en el medio ambiente es producto de la actividad humana; en una parte de la fabricación de productos agrícolas, también proviene de algunos estimulantes usados en el crecimiento de plantas y animales; y dentro de otros orígenes se observan los antropogénicos, como las emisiones atmosféricas de refinerías, plantas de poder y spray atmosféricos (Alarcón, 2003). El arsénico se puede encontrar dentro de los alimentos, debido a que cantidades mínimas de este mineral se agregan por contaminación. También podemos encontrar en los alimentos de origen vegetal y animal contenidos de arsénico bajos. Por otra parte, los alimentos de mar, más altos que el resto de contaminante, de forma que la cantidad total de arsénico ingerida por las personas depende de la cantidad de dichos alimentos contaminados en su dieta (Carbonell A. et al. 1995). El arsénico es un elemento que suscita gran preocupación, tanto del punto de vista ambiental como en la salud humana. La ingestión a través de los alimentos o el agua (por lo general como compuestos inorgánicos) es la principal vía de este metaloide al organismo, donde la absorción tiene lugar en el estómago y los intestinos, pasando posteriormente a la sangre. Hoy en día se sabe que las diferentes especies de arsénico producen diversos efectos toxicológicos en seres humanos, siendo las formas inorgánicas más tóxicas que las orgánicas (Ebdon L. et al., 2001). Un estudio que evaluó la variabilidad de arsénico en 204 muestras de arroz comercial determinó rangos entre 0,005 a 0,710 mg/kg. Comparando estos datos con diversa literatura se estableció valores máximos permitidos a nivel mundial para el arroz entre 0,08 y 0,20 mg/kg (36).

Tipos de arsénico

La gran variedad de arsénico surgió cuando hace más de un siglo se encontraron altas concentraciones de arsénico en alimentos de origen marino, denominados arsenobetainas, por su naturaleza orgánica y muy escasa toxicidad. Así, surge una gran variedad de especies de diferentes formas de arsénico, en las que se debe considerar las formas individuales por su reactividad química, además de sus efectos sobre los organismos vivos, esto refleja una complejidad en conocer su grado tóxico sobre el organismo vivo.

Los compuestos de arsénico se clasifican en tres grupos siguientes:

- Compuestos inorgánicos: en forma de oxoaniones en disolución, arsenito y arseniato, y como óxidos, cloruros y sulfuros en fase sólida y bajo la forma de arsenopirita.
- Compuestos orgánicos: arsenobetainas y arsenoazúcares.
- Último grupo formado por el gas arsina o hidruro de arsénico, por su propiedad volátil y su fuerte carácter reductor no se encuentra en los alimentos.

La Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) catalogó al arsénico como el primer elemento cancerígeno (grupo I) para el ser humano. Realizaron esta clasificación a raíz de estudios toxicológicos en poblaciones, relacionados por la ingesta prolongada de agua contaminada con arsénico y la incidencia de cáncer de pulmón, vejiga, piel, hígado y riñón. Catalogándolo como primer contaminante al arsénico inorgánico, por ser el más abundante en disolución (37).

Estudios de presencia de arsénico en arroz

Por lo informado observado se evidencia que el arroz es uno de los cereales más consumidos en el mundo, además, se ha observado que esto constituye la base de la alimentación en países del sureste asiático, incluso se encuentra que es recomendado como la principal fuente de carbohidratos para las personas celiacas. También se encontró

que la contaminación del agua empleada para los cultivos, en múltiples casos agua subterránea pone en riesgo su consumo. Se han observado concentraciones de arsénico de 10-200 μg arsénico/L en países como Bangladesh, India, Chile, Estados Unidos entre otros, por encima de los límites nacionales de 50 μg /L para aguas superficiales (38).

2.3 Formulación de hipótesis

Se encuentra por encima del valor máximo permitido la concentración promedio de Arsénico en arroz envasado a granel expandido en los mercados de Lima Metropolitana, mes de noviembre año 2020

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1. Método de investigación

Se desarrolló la investigación mediante el método inductivo, inicialmente con la observación de los fenómenos particulares con el propósito de llegar a conclusión y premisas generales.

3.2. Enfoque investigativo

Se recogió información en la presente investigación y fue analizada de forma estadística para la obtención de resultados; siendo por esta razón un estudio de enfoque cuantitativo.

3.3. Tipo de investigación

La presente investigación apunta a ampliar el conocimiento del grado de contaminación que pueda tener el alimento más consumido por la población y que pueda estar ocasionando intoxicación progresiva; por tal motivo se aplicará un tipo de investigación básica.

3.4. Diseño de la investigación

La investigación realizada es de nivel descriptivo, con diseño observacional, transversal, prospectivo y multicéntrico, aplicado en la búsqueda de determinar el grado de contaminación del arroz por arsénico, y como consecuencia el consumo de la población de este metaloide (39).

3.5. Población, muestra y muestreo

La población fue el total de tipos de arroz envasado a granel comercializados en mercados de las zonas Norte, Sur y Este de Lima Metropolitana en el mes de noviembre del 2020.

Para determinar el tamaño de muestra y estimar la concentración promedio de arsénico en cada zona se utilizó la expresión dada por Córdova M. (40):

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * S^2}{d^2}$$

Donde:

$Z_{\alpha} = 1.96$ Percentil 95 de la distribución Normal usada para un nivel de significancia del 5%.

$d = 32 \mu\text{g}/\text{kg}$: Precisión en la estimación de la concentración promedio de arsénico. (Valor fijado considerando los costos y viabilidad del estudio)

$S = 50,14 \frac{\mu\text{g}}{\text{kg}}$: Desviación estándar de la concentración de arsénico, obtenido de una muestra de referencia, Cano F. (2018).

Reemplazando tenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2 50,14^2}{32^2} = 9,4 = 10$$

Luego se necesitan al menos 10 muestras de arroz en cada zona para realizar una estimación de la concentración de arsénico con un 95% de confianza.

Muestreo:

El muestreo fue probabilístico, seleccionándose un distrito por cada Zona de Lima Metropolitana y el tipo de mercado para recoger las muestras, las marcas de arroz no tuvieron selección probabilística porque cada Zona de Lima y cada mercado no ofrecen las mismas marcas. La recogida de muestras fue la siguiente:

Zona Norte (Mercado N°1 de Puente Piedra)	Zona Sur (Mercado El Sol de Villa María del Triunfo)	Zona Este (Mercado de las Praderas de Santa Anita)
M1 Arroz Burgués	M1 Pacasmayo	M1 Doña Cleo
M2 Valle Del Norte	M2 Cusi cusa	M2 Tiburón criollo
M3 Fray Martín	M3 Paisana	M3 Triple B
M4 Faraón anaranjado	M4 Perfecta	M4 Valentina añejo
M5 Arroz norteño	M5 Pirata familiar	M5 Tondero añejo
M6 Caserita	M6 Jairito rompe olla	M6 Faraón azul añejo
M7 Premium extra	M7 Taypa	M7 Deleite rojo
M8 Rompe olla	M8 Valle dorado	M8 Rendidor

M9 Rendidor suave M10 Faraón añejo M11 Arroz costeño (importado)	M9 Tío Charlie M10 Polisol M11 Samán (importado)	M9 Norteño suave M10 Mi chacrita M11 Tallo verde (importado)
---	--	---

3.6. Variables y operacionalización Así indica en la guía de tesis de la Wiener

Variable de estudio

- Arsénico en arroz

Variables de caracterización

- Arroz nacional
- Arroz importado
- Zona de venta del arroz Norte, Sur y Este de Lima Metropolitana

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Escala valorativa
Arsénico en arroz	Concentración de arsénico en arroz	Ninguna	$\mu\text{g}/\text{kg}$	Razón	Límite permitido 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Arroz Nacional	Arroz de origen peruano	Ninguna	Arroz Nacional	Nominal	Origen Perú
Arroz Importado	Arroz de origen no peruano	Ninguna	Arroz Importado	Nominal	Origen no peruano
Zona de venta del arroz	Arroz según la procedencia de la zona de muestreo en Lima	Zona norte Zona sur Zona este	Distrito Puente Piedra Distrito VMT Distrito Santa Anita	Nominal	Zona de Lima Metropolitana

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Determinación de arsénico en muestras de arroz por el Método de Absorción Atómica por Generador de Hidruros.

3.7.1. Equipos

- Espectrofotómetro de absorción atómica PerkinElmer, AAnalyst 700 asociado con un sistema de inyección de flujo FIAS 100 y auto muestreador S10
- Ultra purificador de agua Thermo Scientific, 7416 - Barnstead NANOpure Diamond Water Purification
- Lámpara HDL para arsénico Lumina™ 2 PerkinElmer, Series N30501XX
- Centrifugadora Fisher Scientific, 225 Centrifric™
- Balanza analítica Nimbus®, NBL- 214i
- Horno digestor de microondas Berghof, Speedwave 4
- Desecadora
- Molino eléctrico Mr. Coffee®, Blade Grinder - Black IDS57-NP
- Pipetas de émbolo Transferpette® S BRAND de: 100-1000µL, D-1000; 500-5000µL, D-5000 y 1000-10000µL, D-10000
- Refrigerador

3.7.2. Reactivos

- Agua ultrapura desionizada mediante el sistema Milli-Q (MILLIPORE, Gif-Sur Yvette, Francia), de conductividad eléctrica = 0.055 µs/cm
- Ácido nítrico (HNO₃) concentrado al 65 %, Merck grado Reag. Ph Eur,ISO
- Ácido clorhídrico (HCl) concentrado al 37 %, Merck grado Reag. Ph Eur,ISO
- Borohidruro sódico (NaBH₄) pureza del 99 %, Merck grado Reag
- Hidróxido de sodio (NaOH) riqueza del 98 %, Merck grado Reag. Ph Eur,ISO
- Yoduro de potasio (KI), Merck grado ISO,Reag. Ph Eur
- Ácido ascórbico (C₆H₈O₆), Merck grado ACS,ISO,Reag. Ph Eur

- Estándar de Arsénico marca Sigma para la dosificación de Hidruros (1000mg/L)

3.7.3. Cristalería

Material de vidrio como tubos, luna de reloj, vasos de precipitados, embudos, probetas, matraces aforados, pipetas y fioles de diversas medidas.

3.7.4. Método

Obtención de las muestras

-Se obtuvieron 10 muestras de 250g de arroz pulido nacional y 01 muestra de arroz importado de la Zona Norte de Lima Metropolitana: Puente Piedra,

-10 muestras de 250g de arroz pulido nacional y 01 muestra de arroz importado de la Zona Sur: Villa María del Triunfo,

- 10 muestras de 250g de arroz pulido nacional y 01 muestra de arroz importado de la Zona Este: Santa Anita.

Limpieza de materiales, preparación de muestra y determinación de Arsénico

- Se molieron y homogenizaron 250 g de cada muestra por separado y se tomó 0,5g de cada muestra de arroz por separado y luego se trasvasó en un matraz para luego ser sometido a la acción del microondas para la destrucción de la materia orgánica y su posterior cuantificación del Arsénico.

El material de vidrio se limpió y acondicionó, luego de su lavado con detergente Extran® AP 21 líquido y con ácido fosfórico, consecuentemente fue enjuagado con ácido Nítrico al 5%, se siguió el enjuague con agua ultrapura y se terminó con un secado en estufa.

- Se continuo a pesó en una balanza analítica 0,5 g muestra por muestra, hasta que esté bien homogenizada, realizado en una luna de reloj.
- Luego se le agrego 6mL de Ácido Nítrico 65% ultrapuro y 1mL Ácido Clorhídrico Ultrapuro 37% y 0,5mL de Agua oxigenada Ultrapura a 30 volúmenes, procediendo luego a colocarlo al Digestor de Microondas a una potencia de 1600w, a un tiempo de 30 minutos y de 15 minutos para enfriarlo.
- Luego fueron transvasados a fiolas de 25mL y enrasados con agua ultrapura tipo I quedando listos para su correspondiente lectura al Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

3.7.5. Curva de calibración

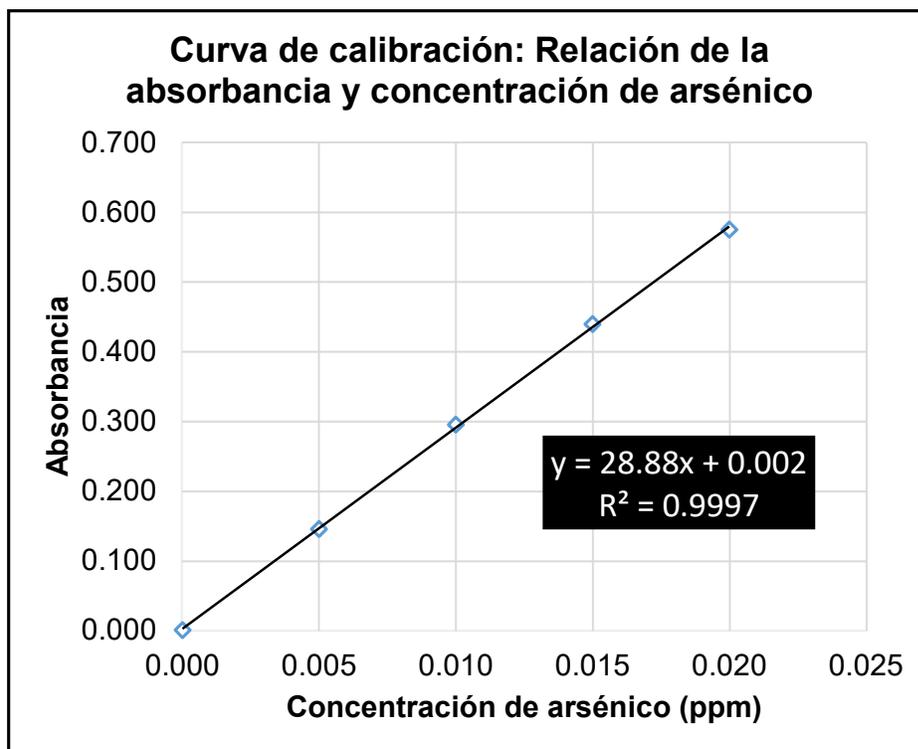
Disolución de Stock de As a 1mg/L

1. En un balón aforado de capacidad 10 mL, agregar 0.1 mL de estándar de arsénico de 1000 mg/L trazable al SRM de NIST H₃AsO₄ en HNO₃ 0.5 mol/L y aforar con ácido clorhídrico al 0.5%.
2. Agregar 250μL de la solución del numeral “1” y aforar con ácido clorhídrico al 0.5% en un balón de 25 mL.

3.7.6. Curva de calibración linear a través de cero para arsénico

<u>Muestra Etiquetada</u>	<u>Concentración As (ppm)</u>	<u>Media Absorbancia</u>
Cal Blanco	0.00	0.003
Estándar 1	0.005	0.145
Estándar 2	0.010	0.295
Estándar 3	0.015	0.439
Estándar 4	0.020	0.575

Figura 1. Curva de Calibración de Arsénico



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Diagrama de flujo de procesamiento de muestra

Diagrama de flujo

Pesar 250 g de cada muestra de arroz

En un matraz



Agregar



Solución de:

6mL HNO₃ al 65% grado ultrapuro

1mL HCl al 37% grado ultrapuro

0,5mL H₂O₂ a 30 vol. Grado ultrapuro

Sellar y colocar en el digestor asistido por microondas con las especificaciones de:



Potencia 1600w

T 180°C

t 30 min. De digestión

t 15min. De enfriamiento

Se continua con trasvasar a una fiola de vidrio clase A de 25mL



Se enrasa con agua Tipo I hasta el aforo

Finalmente se lleva a lectura por Absorción Atómica
con Horno de Grafito y generador de hidruros para determinar arsénico

Fuente: Elaboración propia

3.7.7. Descripción del instrumento de recolección de datos

El instrumento utilizado fue un formato de registro de datos característicos de cada muestra y de los valores de resultados; cada muestra fue codificado de acuerdo con su origen y zona de muestreo en Lima Metropolitana (Anexo 2).

3.7.8. Validación

El instrumento fue validado con una carta de presentación al experto, adjuntado las definiciones conceptuales de la variable de estudio y de caracterización, y matriz de operacionalización de las variables (Anexo 3).

3.8. Procesamiento y análisis de datos

Para poder alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo primero se verifico la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov, luego se utilizó la prueba del estadístico T en cada zona para estimar los valores promedios y compararlos con los límites permisibles, estos resultados fueron ilustrados mediante diagramas de cajas. Para estimar las proporciones de muestras con valores superiores al máximo permisible se utilizaron tablas de frecuencia simples y se ilustraron mediante diagrama de barras.

3.9. Aspectos éticos

Para realizar el muestreo solo se requirió que los propietarios de los puestos de venta acepten la compra de su producto bajo la metodología del estudio para muestreo de arroz.

El manejo de las muestras de arroz recolectadas fue mediante códigos para evitar información confidencial de los propietarios de los puestos de venta de arroz.

CAPITULO IV. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Resultados

Se analizaron 33 muestras entre arroz de origen nacional e importado, tomando como referencia el valor máximo permitido del *Codex Alimentarius* y el Reglamento de la Unión Europea 2015/1006 y se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 1: Concentraciones de arsénico en muestras de arroz de origen nacional e importado expendido en los mercados de Lima Metropolitana.

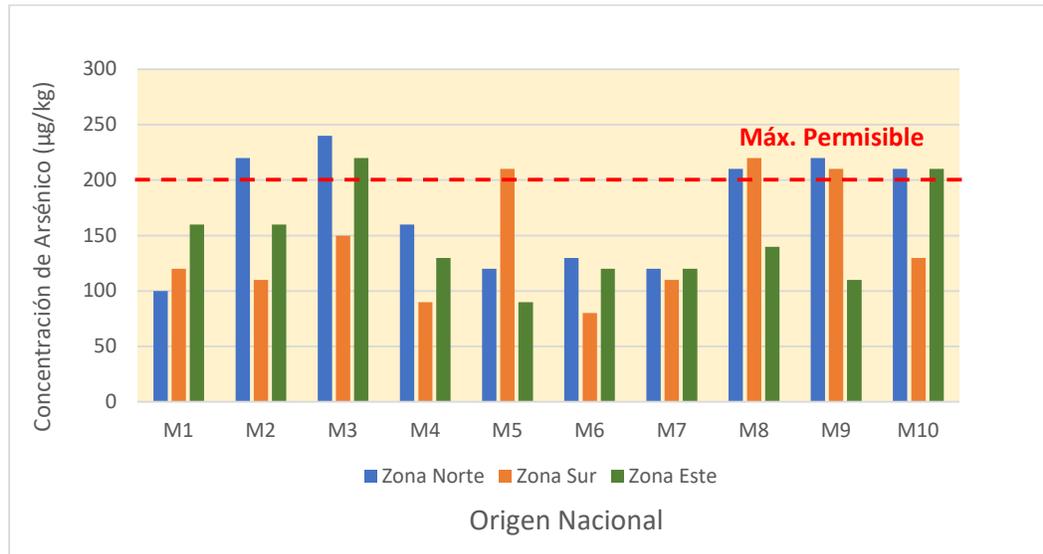
Zona de venta del Arroz	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	95% de intervalo de confianza	
						L. Inferior	L. Superior
Zona Norte	10	173,0	52,3	100,0	240,0	135,6	210,4
Zona Sur	10	147,0	51,9	80,0	220,0	109,9	184,1
Zona Este	10	144,0	42,7	90,0	220,0	113,4	174,6
Origen Nacional	30	154,7	49,3	80,0	240,0	136,3	173,1
Origen importado	3	163,3	45,1	80,0	210,0	51,3	275,3
Valor Total (Nacional e Importado)	33	155,5	48,3	80,0	240,0	138,3	172,6

Fuente: Elaboración propia

Se observa que de las 30 muestras de origen nacional la concentración promedio de arsénico fue de 154,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Respecto a los valores de las Zonas de Lima Metropolitana se observan los valores extremos; en la Zona Norte presentó el valor máximo (240 $\mu\text{g}/\text{kg}$), mientras que la mínima se registró en la Zona Sur (80 $\mu\text{g}/\text{kg}$). En el caso de las 3 muestras de arroz importado, se observó un valor promedio de 163,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

La última fila presenta valores de concentración promedio de arsénico en arroz comercializado en los mercados de Lima Metropolitana en rango de 138,3 y 172,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de arsénico con un nivel de seguridad del 95%.

Figura 3. Concentración de arsénicos en muestras de arroz de origen nacional expandido en los mercados de Lima Metropolitana.



Fuente: Elaboración propia

En esta figura observamos resultados de concentración de arsénico en 30 muestras de arroz de origen nacional, y dentro de estos se observa que 10 muestras están por encima del valor permitido, siendo de la Zona Norte 5 muestras, Zona Sur 3 muestras y Zona Este fueron 2 muestras.

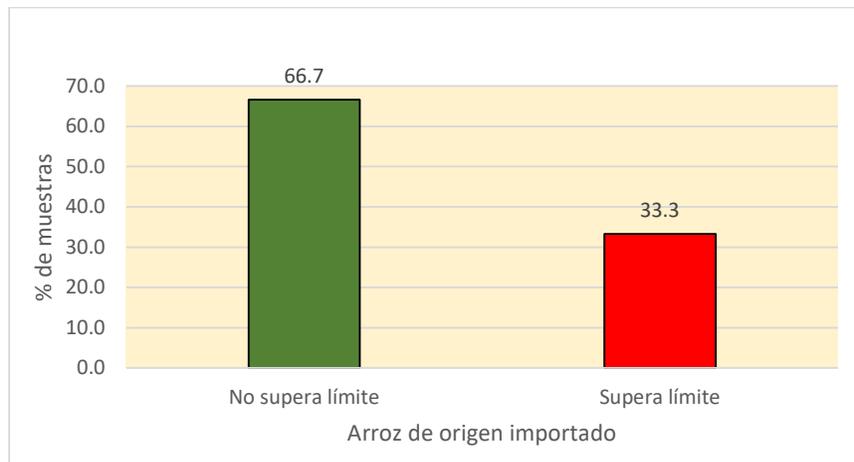
Tabla 2: Distribución de las muestras de arroz de origen importado expendido en los mercados de Lima Metropolitana según valores permisibles de arsénico.

	No supera límite		Supera límite		Total	
	n	%	n	%	n	%
Origen importado	2	66,7	1	33,3	3	100,0

Fuente: Elaboración propia

La tabla 2 muestra que el 33% de las muestras de arroz de origen importado presentan valores de arsénico superiores al máximo permisible.

Figura 4: Distribución de las muestras de arroz de origen importado expandido en los mercados de Lima Metropolitana según valores permisibles de arsénico.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 observamos que, de las 3 muestras de arroz de origen importado, el 33.3% (1) supera el límite máximo permisible.

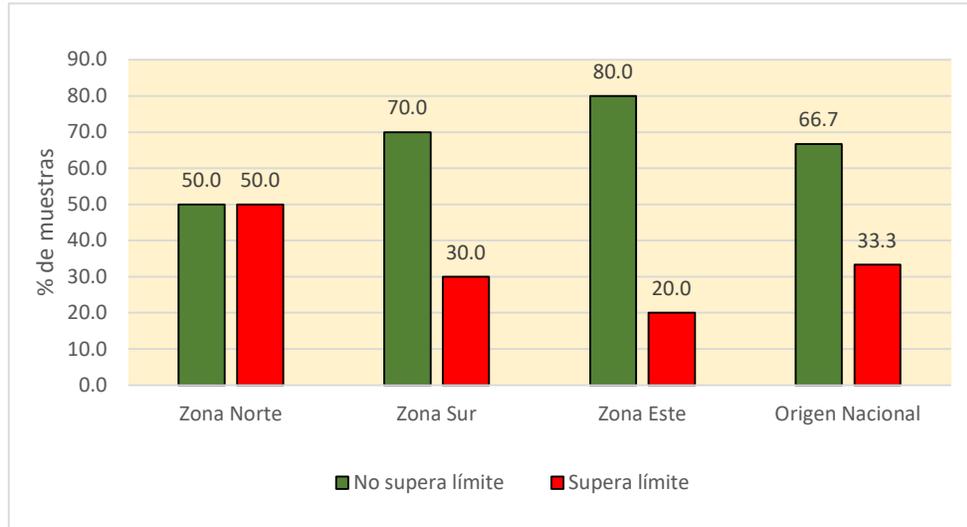
Tabla 3: Distribución de las muestras de arroz nacional expandido en los mercados de Lima Metropolitana según valores permisibles de arsénico.

	No supera límite		Supera límite		Total		Chi cuadrado de Pearson
	n	%	n	%	n	%	p valor
Zona Norte	5	50,0	5	50,0	10	100,0	0,35
Zona Sur	7	70,0	3	30,0	10	100,0	
Zona Este	8	80,0	2	20,0	10	100,0	
Origen Nacional	20	66,7	10	33,3	30	100,0	---

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3 muestra que en el caso de arroz de origen nacional el 33,3% (10) de las muestras superan el límite máximo permisible de arsénico (200 µg/kg). No obstante, no podemos concluir según la prueba de independencia Chi cuadrado que las diferencias sean significativas, es decir la proporción de muestras con valores altos de arsénico son similares en las tres Zonas y cercanas al 33,3%.

Figura 5: Distribución de las muestras de arroz de origen nacional expandido en los mercados de Lima Metropolitana según valores permisibles de arsénico.



Fuente: Elaboración propia

Se observa que en la zona Norte el porcentaje de casos con valores superiores al permisible es del 50% (5).

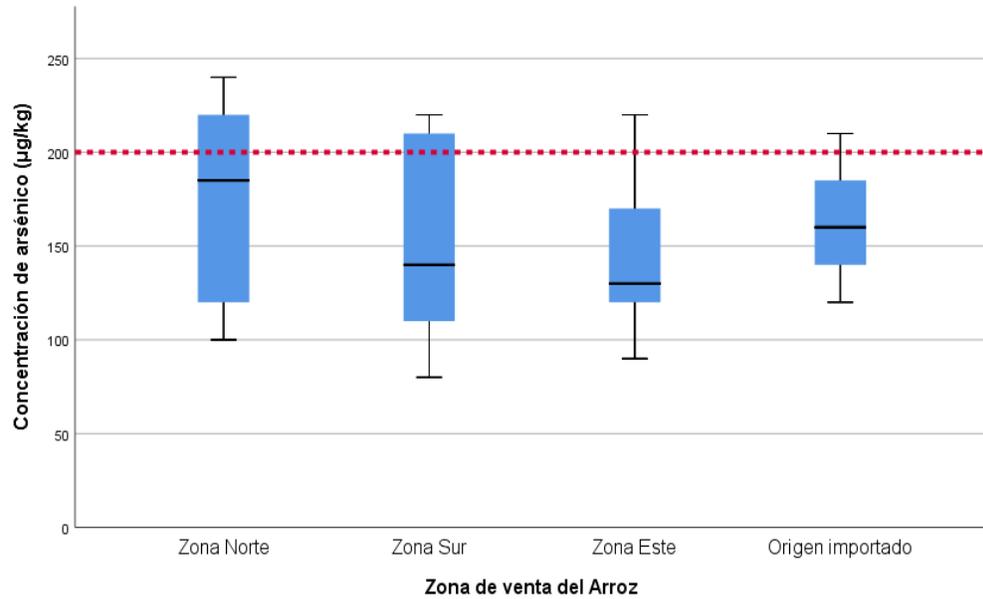
Tabla 4: Comparación de concentración promedio de arsénicos en arroz de origen nacional e importado con los estándares internacionales.

Zona de venta del Arroz	Valor de prueba = 200 µg/kg					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Zona Norte	-1,633	9	0,137	-27,000	-64,41	10,41
Zona Sur	-3,231	9	0,010	-53,000	-90,10	-15,90
Zona Este	-4,143	9	0,003	-56,000	-86,57	-25,43
Origen importado	-1,408	2	0,294	-36,667	-148,68	75,35

Fuente: Elaboración propia

En la Zona Norte, y para el caso del arroz importado el p valor es mayor a 0,05; por tanto, estaría indicando que la concentración promedio de arsénico presenta valores por encima del máximo permisible; y dentro de estos tenemos a la marca de arroz, Valle del Norte, Fray Martin, Rompe Olla, Rendidor Suave, Faraón Añejo de la Zona Norte; y la marca Samán de arroz importado.

Figura 6: Valores de concentración de arsénicos en muestras de arroz de origen nacional e importado expendido en los mercados de Lima Metropolitana.



Fuente: Elaboración propia

Los diagramas de caja de la figura 6 permiten observar que el valor de arsénico en arroz de la Zona Norte presenta una mayor dispersión de la concentración de arsénico en el 50% central de los datos. Además, si observamos las líneas medias de las cajas (medianas) esta presenta un valor ligeramente superior al resto.

4.2. Prueba de hipótesis

Hipótesis general estadística

H₀: “La concentración promedio de arsénico en arroz envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, mes de noviembre año 2020 no se encuentra por encima del valor máximo permitido”

H₁: “La concentración promedio de arsénico en arroz envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, mes de noviembre año 2020 se encuentra por encima del valor máximo permitido”

Nivel de significancia:

Valor de: $\alpha = 0,05 = 5\%$ de margen máximo de error

Regla de decisión: $p \leq 0,05 \rightarrow$ se rechaza la hipótesis nula H_0

$p \geq 0.05 \rightarrow$ se acepta la hipótesis nula H_0

Conclusión: Al realizar la prueba de independencia Chi cuadrado para La concentración promedio de arsénico en arroz; se observó que (p-valor = 0,35) y se acepta la H_0 . Se puede decir que la concentración promedio de arsénico en arroz envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, mes de noviembre año 2020 no se encuentra por encima del valor máximo permitido.

4.3. Discusión de resultados

El arsénico en arroz puede variar según el tipo de arroz, para el caso de la presente investigación se tomó para el estudio el arroz pulido o arroz blanco, sabemos que este fue descascarillado y por lo tanto también eliminado una cierta cantidad de este metaloide en investigación. Nuestro muestreo realizado de arroz comercial en puestos de abarrotes de mercados ubicados en las Zonas Norte, Sur y Este de Lima Metropolitana para obtener una referencia a nivel de una ciudad, similares a los trabajos de Valiente, 2018, Cano, 2018; Cruz, 2017 quienes muestrearon en diferentes supermercados de su ciudad. A diferencia de Estrella y Yépez, 2017; y Atiaga, 2019 muestrearon directamente desde granos de arroz del cultivo, a pesar de ello no se obtuvieron grandes diferencias en sus resultados de arsénico en arroz.

En nuestra investigación obtuvimos resultados en promedio de arsénico en arroz nacional e importado dentro de los límites máximos permitidos (155,5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$), según las normas internacionales del *Codex Alimentarius* y Reglamento Europeo (Tabla 1); resultados similares encontraron Estrella y Yépez, 2017; Cano, 2018; Li et al., 2015; Atiaga, 2019; Ramírez, 2017. Las investigaciones realizadas por Valiente, 2018; Medina et al. 2018; Fernández y Fernández, 2019 obtuvieron resultados por encima del valor máximo permitido (200 $\mu\text{g}/\text{Kg}$). Dentro del total de muestras encontramos resultados que superan los límites permisibles de hasta en 240 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ (Tabla 1); en su trabajo Li et al., 2015; y Medina et al. 2018; encontraron valores de hasta dos veces el límite permisible. Uno de los factores importantes a considerar que influyen en los resultados, es la metodología de muestreo utilizada (el número de muestras analizadas); como en el caso de Cano, 2018 con 8 muestras de arroz; Atiaga, 2019 con 5 muestras; Ramírez, 2017 con 9 muestras; Cruz, 2019 con 16 muestras y el nuestro con 3 muestras para arroz importado. El número de muestras por encima del

valor permitido puede aumentar si se trabaja con más muestras, pero para lograr esto se debe conseguir financiamiento debido al alto costo de la determinación de arsénico en arroz. A pesar de las características metodológicas de investigación, nuestros resultados presentan en promedio similares resultados con su trabajo de Li et al., 2015 que trabajaron con 446 muestras de arroz de diferentes ciudades de la China.

En la presente investigación tuvimos en promedio valores de arsénico inorgánico en arroz pulido con resultados diferentes según la Zona de muestreo (Figura 3), observando que en la un 50%, Zona Sur 30%, Zona Este 20% representado por el distrito de Puente Piedra, Villa María del Triunfo y Santa Anita respectivamente. Además, se encontraron valores que superan al límite máximo permisible en (Figura 5), a las marcas de arroz Valle Del Norte, Fray Martín, Rompe olla, Rendidor suave y Faraón añejo en la Zona Norte; Pirata familiar, Valle dorado, Tío Charlie en la Zona Sur; y Triple B, Norteñito suave en la Zona Este. Por lo tanto, podemos pensar que las zonas de cultivo de arroz están sufriendo contaminación ambiental o antropogénica (33), con una alta probabilidad debida a la explotación minera característica de nuestro país o deposición atmosférica de los contaminantes de agua y suelo (34,35).

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- 5.1.1. La concentración promedio de arsénico en arroz es de 155,5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$, con concentraciones extremas de 80 y 240 μg de As / Kg de arroz.
- 5.1.1. En la Zona Norte de Lima Metropolitana representada por el distrito de Puente Piedra, la concentración promedio de arsénico en arroz es de 173 μg de As / Kg de arroz.
- 5.1.1. A En la Zona Sur de Lima Metropolitana representada por el distrito de Villa María del Triunfo, la concentración promedio de arsénico en arroz es de 147 μg de As / Kg de arroz.
- 5.1.2. En la Zona Este de Lima Metropolitana representada por el distrito de Santa Anita, la concentración promedio de arsénico en arroz es de 144 μg de As / Kg de arroz.
- 5.1.2. La Zona Norte presenta un 50% de las muestras analizadas que superan los límites máximos permitidos dadas por el *Codex Alimentarius* y el Reglamento de la Unión Europea 2015/1006

5.2. Recomendaciones

- 5.2.1. Se debe de considerar con importante interés, los hallazgos de arsénico en arroz, ya que representa un potencial peligro a la salud pública, ya que el alto consumo de este alimento de forma crónica, puede ser un factor desencadenante cancerígeno.
- 5.2.2. Las instituciones públicas y privadas deben apoyar las investigaciones similares, para tener una mejor evidencia de los resultados preliminares observados.
- 5.2.3. Para quienes desean realizar investigaciones sobre concentración arsénico en arroz, sería recomendable, una mayor población de estudio y más tipos de arroz en evaluación con ayuda de fondos privados.

REFERENCIAS

1. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Seguimiento del Mercado del Arroz de la FAO. Reporte 2018. [Extraído el 20 julio del 2020]. Disponible en:
<http://www.fao.org/economic/est/publicaciones/publicaciones-sobre-elarroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>
2. Instituto Nacional de Salud. Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos: Documento de Evaluación de Riesgo en Inocuidad de Alimentos. Primera edición. Bogotá DC. 2013.
3. Hsu KC, Sun CC, Huang YL. Arsenic speciation in biomedical sciences: Recent advances and applications. The Kaohsiung Journal of medical Sciences. 2011;27(9):382-9
4. World Health Organization. Arsénico.2020 [Extraído el 18 agosto del 2020]. Disponible en:
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>.
5. Comisión del *Codex Alimentarius*. OMS. Observaciones en el trámite 3 sobre el anteproyecto de código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación del arroz por arsénico. 2017. [Extraído el 10 agosto del 2019]. Disponible en:
http://www.fao.org/faowhocodexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FCircular%252520Letters%252FCL%2525202017-25%252Fc117_25s.pdf
6. Rosas J. Estudio de la acumulación y especiación de arsénico en cultivos de maíz y su riesgo potencial para la salud humana. México. 2015. [Extraído el 16 julio del 2019]. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=59513>

7. World Health Organization. Guidelines for Drinking Water Quality. First Edition. Vol. 1. Recommendations [Internet]. Geneva, Switzerland; 1984: Who; p. 148 [Extraído el 06 de junio de 2017]. Disponible en:
<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/252072/1/9241541687-eng.pdf?ua=1>.
8. Codex Alimentarius Commission. Joint FAO/WHO food standards programmed *Codex Alimentarius* commission 37th session, Geneva, Switzerland, 14-18 July 2014. [Extraído el 06 de junio de 2020]. Disponible en:
ftp://ftp.fao.org/codex/reports/reports_2014/rep14_cfe.pdf.
9. Chávez-Capilla T, Beshai M, Maher W, Kelly T, Foster S. Bio accessibility and degradation of naturally occurring arsenic species from food in the human gastrointestinal tract. *Food Chemistry*. 2016;(212):189–97
10. JECFA. Evaluation of certain contaminants in food. World Health Organization Technical Report Series. 2011;(959):1–105.
11. Verger M. Estudio de la ocurrencia de metales pesados en el ambiente arrocero uruguayo. Montevideo: Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), 2015. Uruguay, 2015. 76 páginas.
12. Straif K, Benbrahim-Tallaa L, Baan R, Grosse Y, Secretan B, El Ghissassi F, et al. A review of human carcinogens--part C: metals, arsenic, dusts, and fibres. *The Lancet Oncology*. 2009;10(5):453
13. EFSA (2009a). European Food Safety Authority. Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *The EFSA Journal*, 7 (10), pp: 1.351. INEI. Perú: Consumo per cápita de los principales alimentos 2008 -2009. [extraído 9 dic 2020]. Disponible en:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1028/cap01.pdf

14. Pérez A, Fernández A. Problemática del arsénico en Latinoamérica. [Tesis de Maestría]. [Buenos Aires]. Universidad de Buenos Aires. 2013.
15. Ministerio de Agricultura P. Sector avícola [Internet]. Lima: Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos - OEEE; 2010 [Extraído el 06 de junio de 2017]. Disponible en:
<http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/industriaavicola/2010/Encarte-Sector-Avicola-Junio-17082010.pdf>
16. Valiente L. Determinación cuantitativa de arsénico total en arroz comercializado en la ciudad de Guatemala por espectrofotometría de absorción. [Tesis]. [Guatemala]. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2018.
17. Estrella J. y Yépez K. 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]. [Ecuador]. Universidad de las Fuerzas armadas ESPE. 2017.
18. Cano G. Efecto del lavado en el contenido de arsénico de diferentes tipos de arroz. [Tesis]. [España]. Universidad Miguel Hernández de Elche. 2018.
19. Cruz F. Determinación de arsénico total en alimentos a base de arroz para niños de hasta 3 años de edad y para celíacos. [Tesis]. [Ecuador]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2017.
20. Li, X., Xie, K., Yue, B. *et al.* Inorganic arsenic contamination of rice from Chinese major rice-producing areas and exposure assessment in Chinese population. *Sci. China Chem.* 58, 1898–1905 (2015).
<https://doi.org/10.1007/s11426-015-5443-5>
21. Cruz L. Determinación y estudio de residuos de contaminantes inorgánicos en alimentos de origen vegetal. [Tesis]. [España]. Universidad de Jaén. 2019.

22. Atiaga O. Bioaccesibilidad del arsénico y metales pesados en arrozales de Ecuador y riesgo para la salud humana. [Tesis]. [España]. Universidad Santiago de Compostela. 2019.
23. Pazmiño G. y Mendieta R. Influencia de dos sistemas de riego en la absorción de arsénico, y el crecimiento y rendimiento de dos variedades de arroz (*Oryza sativa*) bajo siembra directa e indirecta. [Tesis]. [Honduras]. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 2018.
24. Fernández E. y Fernández D. Revisión de la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz. [Tesis]. [Perú]. Universidad Peruana Unión. 2020.
25. Ramírez A. Determinación de la concentración de arsénico en grano de *Oryza sativa* pilado procedente de los distritos de Pacasmayo, enero - junio 2017. [Tesis]. [Perú]. Universidad César Vallejo. 2017.
26. Mazza, G. Alimentos Funcionales. Aspectos Bioquímicos y de Procesado. Acribia. Zaragoza. Volumen 1. Primera edición. España; Editorial Acribia; 2020.
27. Molina, Luz. Introducción a los alimentos. Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias. [Tesis]. [Chile]. Universidad Austral de Chile. 2002.
28. Rivero-Huguet M. Rice as a source of microelements and toxic contaminants. (2007). The encyclopedia of earth [Extraído el 20 mayo del 2020]. Disponible en: [http://www.eoearth.org/article/Rice_\(Oryza_sativa_L.\)_as_a_source_of_microelement_and_toxic_contaminants](http://www.eoearth.org/article/Rice_(Oryza_sativa_L.)_as_a_source_of_microelement_and_toxic_contaminants)
29. Olavarría, Y. Determinación de trazas de Cadmio en Cholga (*Aulacomya ater*), Chorito (*Mytilus chilensis*) y Ostra chilena (*Ostrae chilensis*) en la zona de Chiloé (*Hueihue*). [Tesis]. [Chile]. Escuela de Química y Farmacia. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. 2007.

30. Kastenmayer, P. Análisis de minerales y elementos traza en alimentos. En: Morón C., Zacarías I., De Pablo S. Producción y Manejo de Datos de Composición Química de Alimentos en Nutrición. Santiago. Chile. 1997. [Extraído el 20 mayo del 2020]. Disponible en:
<http://www.fao.org/3/ah833s/AH833S22.htm>
31. Villa I., Navarro Í., Martín A. Elementos Traza. En: Hernández Rodríguez M. y Sastre Gallego A. (Eds.) Tratado de Nutrición. Volumen 1. Tercera edición. Editorial: Díaz de Santos S.A. 1999.
32. Albert, L. Curso Básico de Toxicología Ambiental. Volumen 1. 2da Ed. Editorial: Limusa, S. A. de C. V., México. 2001
33. Lukšienė B. and Račaitė M. Accumulation of Heavy Metals in Spring Wheat (*Triticum aestivum L.*) Oveground and Underground Parts. Environmental Research, Engineering and Management. 2008. [Extraído el 6 de julio 2020]. [Lithuania]. Disponible en:
<https://www.researchgate.net/publication/264879977>
34. Bundschuh, J, Gímenez, E., Guéréquiz, R., Pérez, A., García, E., Mello, J., Deschamps, E. IBEROARSEN. Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana. Volumen 1. Editado por CYTED. Capítulo 3, página 33. España. 2008.
35. Zavala J. and Duxbury M. Arsenic in rice: I. Estimating Normal Levels of Total Arsenic in Rice Grain. Environmental Science & Techonolgy. 2008. Vol. 42, N° 10: 3856 – 3860.
36. IARC. Monographs, Arsenic in drinking water, monographs vol. 84. 2004. [extraído el 12 septiembre 2020]. Disponible en:
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol84/mono84-6.pdf>

37. Ministerio del Medio Ambiente. Boletín Oficial del Estado: BOE-A-2011-1139.
España. 2011. [Extraído el 8 de agosto del 2020]. Disponible en:
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/01/21/60>
38. Supo J. Metodología de la Investigación Científica. Volumen 1. Segunda edición.
Editorial San marcos. Perú 2020.
39. Córdova M. Estadística aplicada. Volumen 1. Primera edición. Editorial:
Moshera. Lima, Perú. 2006.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Determinación de arsénico en arroz envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, mes de noviembre año 2020

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Diseño metodológico
<p>Problema general ¿Cuánto será la concentración promedio de arsénico en arroz envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, mes de noviembre año 2020?</p> <p>Problema específico - ¿Cuánto será la concentración promedio de arsénico en arroz nacional envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, mes de noviembre año 2020? - ¿Cuánto será la concentración promedio de arsénico en arroz según la zona norte, sur y este en los mercados de Lima Metropolitana, en el mes de noviembre, año 2020? - ¿Cuánto será la concentración promedio de arsénico en arroz importado envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, en el mes de noviembre, año 2020? - ¿Cuál será la diferencia de arsénico en arroz nacional e importado envasados a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, con los estándares internacionales?</p>	<p>Objetivo general Determinar la concentración promedio de arsénico en arroz envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, mes de noviembre año 2020</p> <p>Objetivos específicos - Determinar la concentración promedio de arsénico en arroz nacional envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana en el mes de noviembre, año 2020 - Determinar la concentración promedio de arsénico en arroz según la zona norte, sur y este en los mercados de Lima Metropolitana, en el mes de noviembre, año 2020 - Determinar la concentración promedio de arsénico en arroz importado envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, en el mes de noviembre, año 2020 - Comparar las concentraciones promedias de arsénico en arroz nacional e importado envasados a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, con los estándares internacionales.</p>	<p>Hipótesis general Se encuentra por encima del valor máximo permitido la concentración promedio de arsénico en arroz envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, mes de noviembre año 2020</p>	<p>Variable de estudio Arsénico en arroz</p> <p>Variable de caracterización -Arroz nacional - Arroz importado - Zona norte, sur y este de Lima Metropolitana</p>	<p>La investigación realizada es de nivel descriptivo, con diseño observacional, transversal, prospectivo y multicéntrico, aplicado en la búsqueda de determinar el grado de contaminación del arroz por arsénico, y como consecuencia el consumo de la población de este metaloide</p>

Anexo 2: Instrumento de recogida de datos

Determinación de arsénico en arroz envasado a granel expandido
en los mercados de Lima Metropolitana, mes de noviembre año
2020

Nº	CODIFICACION DE LA MUESTRA	ORIGEN DE LA MUESTRA (Nacional-Importado)	ZONA DE RECOLECCION (Norte-Sur-Este)	RESULTADO DE DETERMINACION DE As
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

Anexo 3: Validez del Instrumento de recogida de datos

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN

“Determinación de Arsénico en arroz envasado a granel expendido en los mercados de Lima Metropolitana, mes de noviembre año 2020”

Nº	DIMENSIONES / items	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
	Variable 1: Arsénico en arroz							
	DIMENSIÓN 1: No hay dimensión	Si	No	Si	No	Si	No	
1	Codificación de la muestra	X		X		X		
	VARIABLE 2: De Caracterización							
	DIMENSIÓN 1: Origen de la muestra	Si	No	Si	No	Si	No	
2	1.Nacional 2.Importado	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: Zona de recolección	Si	No	Si	No	Si	No	
3	1. Norte 2. Sur 3. Este	X		X		X		
	DIMENSIÓN 3: Resultado de determinación de Arsénico	Si	No	Si	No	Si	No	
4 ug/Kg	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): El instrumento tiene suficiencia para la obtención de datos planteados

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. Quevedo Valverde, Oscar Humberto
DNI: 43124697

Especialidad del validador: Maestría en educación con mención en docencia y gestión educativa

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado. ²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

14 de Setiembre del 2020


Oscar H. Quevedo Valverde
QUIMICO FARMACEUTICO
C.Q.F.P. 18241

Quevedo Valverde, Oscar Humberto
Experto Informante

Anexo 4: Evidencia del trabajo de investigación



Anexo 4: Resultados de arsenico en arroz

Quality Analysis...



INFORME DE ENSAYO P20-417

ITEM	Símbolo de Analito Código de Análisis Símbolo de Unidad	As GH AAS ppm
1	001 - N	0.08
2	002 - N	0.11
3	003 - N	0.23
4	004 - N	0.16
5	005 - N	0.09
6	006 - N	0.06
7	007 - N	0.09
8	008 - N	0.15
9	009 - N	0.22
10	010 - N	0.08
11	011 - N	0.09
12	012 - S	0.13
13	013 - S	0.09
14	014 - S	0.06
15	015 - S	0.21
16	016 - S	0.05
17	017 - S	0.08
18	018 - S	0.23
19	019 - S	0.19
20	020 - S	0.12
21	021 - S	0.18
22	022 - S	0.16
23	023 - E	0.22
24	024 - E	0.13
25	025 - E	0.06
26	026 - E	0.12
27	027 - E	0.09
28	028 - E	0.14
29	029 - E	0.08
30	030 - E	0.18
31	031 - E	0.17
32	032 - E	0.13
33	033 - E	0.09

2

Certificado por:



SE PROHÍBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN DE ACTLABS SKYLINE PERU S.A.C.
"Este servicio ha sido realizado de acuerdo a los controles establecidos por un sistema de gestión de la calidad que cumple con los requisitos de la norma ISO 9001:2015, con número de certificado de AENOR ER-0174/2019 e IQNet ES-0174/2019"

Calle Martín de Murúa N° 170 - 174, Urb. Maranga - San Miguel, Lima - Perú
Central Telefónica: (511) 464 9762 • Móvil: 994 697 262 • Correo: servicio.cliente@actlabsperu.com • www.actlabsperu.com

