



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN  
FRUTAS COMERCIALIZADAS EN LOS PRINCIPALES  
MERCADOS DE PUENTE PIEDRA, OCTUBRE 2021**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE QUÍMICO  
FARMACÉUTICO**

**AUTORES:**

**Bach. CRUZ HUARAYA, MIRIAM**

<https://orcid.org/0000-0001-9223-993X>

**Bach. GONZÁLEZ PACHECO, CARLOTA ESPERANZA**

<https://orcid.org/0000-0003-3480-7681>

**ASESOR:**

**Dr. ACARO CHUQUICAÑA, FIDEL ERNESTO**

<https://orcid.org/0000-0003-1257-299X>

**LIMA - PERÚ**

**2022**

## DEDICATORIA

Dedico el presente informe final, al Señor por proporcionarme las habilidades necesarias para completar la tesis.

A mis padres, cuyo amor y estímulo me ayudaron no sólo a completar mi tesis, sino también en todos los aspectos de la vida.

Miriam

Esta tesis está dedicada a mis padres por su amor, apoyo infinito y estímulo. Siempre han hecho todo lo posible para asegurarse de que pudiera alcanzar mis objetivos. Y por ello les estaré siempre agradecido. Gracias por creer en mí.

Carlota Esperanza

## AGRADECIMIENTO

Estamos eternamente agradecido a nuestra Alma Mater, la Universidad María Auxiliadora, quienes nos han proporcionado a los mejores profesionales de las Ciencias Farmacéuticas y el personal administrativo que en cada situación adversa supieron darnos soluciones inmediata de forma acertada, confiable y amable.

El sincero agradecimiento a nuestro guía y mentor, al destacado Dr. QF. Fidel Ernesto Acaro por haber actuado como asesor de tesis durante el desarrollo y la realización de este estudio de investigación. Asimismo, demostró con éxito el equilibrio entre obligación profesional y la responsabilidad educativa, y al hacerlo, sirvieron de modelo ejemplar para las investigadoras.

Esta tesis es el resultado de colaboraciones y sinergias con nuestros maestros desde el primer hasta el décimo ciclo. Agradecidos a todos ellos, cuya orientación, ayuda y apoyo a lo largo de la investigación fueron muy apreciados durante los días de redacción, por sus valiosas contribuciones. No podría haber completado esta tesis sin el apoyo que hemos recibido de todos ellos.

A los profesionales Químicos Farmacéuticos, gracias por su tiempo, su paciencia y su estímulo. Estamos muy agradecidas por la oportunidad y la experiencia de ser parte en la explicación de los resultados estadísticos y el enfoque metodológico.

Miriam  
Carlota Esperanza

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXO	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	8
2.1. Enfoque y diseño de investigación	8
2.2. Población, muestra y muestreo	8
2.3. Variables de investigación	10
2.4. Técnica e instrumento de recolección de datos	11
2.5. Proceso de recolección de datos	12
2.6. Métodos de análisis estadísticos	13
2.7. Aspectos éticos	14
III. RESULTADOS	15
IV. DISCUSIÓN	26
4.1. Discusión	26
4.2 Conclusiones	31
4.3. Recomendaciones	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXOS	40

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Principales mercados del distrito de Puente Piedra	9
<b>Tabla 2.</b> Niveles de As en muestras de frutas	15
<b>Tabla 3.</b> Niveles de As en muestras de frutas en comparación con las normas alimentarias de la FAO/OMS	17
<b>Tabla 4.</b> Niveles de As en muestras de frutas en comparación con las normas alimentarias del Reino Unido	19
<b>Tabla 5.</b> Niveles de As en muestras de frutas en comparación con las normas de China	21
<b>Tabla 6.</b> Media y desviación estándar de la concentración de As en las frutas evaluadas	24
<b>Tabla 7.</b> Prueba <i>t</i> -Student de medias de la concentración de As en las frutas evaluadas	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del As en el medio ambiente	3
<b>Figura 2.</b> Disfunción mitocondrial inducida por As y generación de ERO en la EA	4
<b>Figura 3.</b> Ubicación de los mercados en el distrito de Puente Piedra	9
<b>Figura 4.</b> Concentración de As en frutas en cada mercado muestreado en comparación con las normas alimentarias de la FAO/OMS	18
<b>Figura 5.</b> Concentración de As en frutas en cada mercado muestreado en comparación con las normas alimentarias del Reino Unido	20
<b>Figura 6.</b> Niveles de As en muestras de frutas en comparación con las normas de China	22
<b>Figura 7.</b> Niveles de As en muestras de frutas en comparación con las normas de FAO/OMS, Reino Unido y China	23

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A:</b> Operacionalización de variables	41
<b>Anexo B:</b> Instrumento de recolección de datos	42
<b>Anexo C:</b> Validación de instrumentos de recolección de datos	43
<b>Anexo D:</b> Evidencias de trabajo de campo	46

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar los niveles de arsénico en frutas comercializadas en los principales mercados de Puente Piedra, octubre 2021. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio de enfoque cuantitativo, descriptivo y de corte transversal. Se adquirieron 35 variedades de frutas comerciales en los mercados locales. Se utilizó la espectroscopía de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo para determinar las concentraciones de arsénico con tres réplicas. Los datos se analizaron estadísticamente mediante la prueba *t* de Student para evaluar las medias de los grupos de comparación. **Resultados:** Los resultados mostraron que el promedio de concentración de arsénico en muestras de frutas frescas fueron menores de 0.02 mg/kg. Las concentraciones medias fueron inferiores que los límites máximos permitidos por las normas de la FAO/OMS (0.1 mg/kg), Reino Unido (1 mg/kg) y China (0.5 mg/kg). La presencia de arsénico en los vegetales, está claramente relacionada con los niveles de contaminación en el medio ambiente. **Conclusiones:** Las treinta y cinco muestras de frutas no superan los niveles máximos de arsénico estipulados por las normas de la FAO/OMS, Reino Unido y China. Aunque la presencia del arsénico es una señal clara de que la población alrededor del área de estudio corren un mayor riesgo de posibles implicaciones para la salud a través de la ingestión de estos vegetales. Por esta razón, la cantidad de contaminantes de metales pesados en las muestras de fruta debe ser revisada y controlada regularmente por las autoridades sanitarias locales.

**Palabras clave:** Arsénico, espectroscopía, metales pesados, vegetales



## ABSTRACT

**Objective:** Determine the levels of arsenic in fruit sold in the main markets of Puente Piedra, October 2021. **Materials and methods:** A quantitative, descriptive, cross-sectional study was conducted. Thirty-five commercial fruit varieties were purchased from local markets. Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy was used to determine arsenic concentrations with three replicates. Data were statistically analysed using Student's t-test to evaluate the means of the comparison groups. **Results:** The results showed that the average arsenic concentrations in fresh fruit samples were less than 0.02 mg/kg. The average concentrations were lower than the maximum limits allowed by FAO/WHO (0.1 mg/kg), UK (1 mg/kg) and China (0.5 mg/kg) standards. The presence of arsenic in vegetables is clearly related to the levels of contamination in the environment. **Conclusions:** The thirty-five fruit samples do not exceed the maximum levels of arsenic stipulated by FAO/WHO, UK and Chinese standards. Although the presence of arsenic is a clear sign that the population around the study area is at increased risk of possible health implications through the ingestion of these vegetables. For this reason, the amount of heavy metal contaminants in fruit samples should be regularly checked and monitored by local health authorities.

**Keywords:** Arsenic, spectrophotometry, heavy metals, vegetables

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación por metales pesados (MP) en el suelo y en los cultivos pertinentes es actualmente un importante problema mundial. Los metales tóxicos pueden crear riesgos peligrosos para la salud de todos los organismos vivos, especialmente en los seres humanos, si se depositan más allá del nivel determinado<sup>1</sup>. La contaminación de los vegetales por MP atrae una atención significativa, ya que la percepción de este problema en términos de salud humana es mayor<sup>2</sup>. Los MP tienden a acumularse y transferirse en el suelo con el agua de riego, así como con muchas más fuentes<sup>3</sup>. La deposición y las interacciones a largo plazo pueden acumular MP en el suelo y afectar negativamente al ecosistema, lo que supone graves amenazas para los seres vivos. Los vegetales pueden absorber MP y depositarlos en sus partes comestibles<sup>4</sup>.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) informó que aproximadamente 140 millones de personas en 50 países de todo el mundo están expuestas al arsénico (As) a través del consumo de aguas subterráneas contaminadas con As con niveles que superan el umbral recomendado por la OMS de 10 µg/L<sup>5</sup>.

En los suelos de las zonas periurbanas, las aguas residuales desempeñan un papel importante en la acumulación de metales pesados en cantidades excesivas en las tierras agrícolas, lo que provoca contaminación y estropean la calidad de la fruta<sup>6</sup>. Comúnmente, los cultivos que se realizan en estos suelos también se afectados por los metales pesados debido a su absorción<sup>7</sup>.

En los suelos contaminados con As se cultivan diferentes tipos de cereales, frutas y verduras, y el riego a través de aguas subterráneas contaminadas puede considerarse una fuente potencial de exposición humana en las tierras de cultivo de Bangladesh<sup>8</sup>. En Uganda, se identificaron MP en las hortalizas cultivadas a lo largo del lago Victoria se asociaron con un alto contenido de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en concentraciones de 0.08–0.76 ppm y 0.003-5.06 ppm, respectivamente, por encima de los límites de la OMS<sup>9</sup>.

Se ha informado de la contaminación por metales tóxicos de las frutas y verduras derivada de la fertilización, el riego y la deposición atmosférica en las mismas<sup>10</sup>. Los productores de China están comenzando a cultivar varios tipos de frutas tipo

fresa, melón, pitahaya y maracuyá, aunque existe preocupación oportuna por la contaminación por MP de las frutas cultivadas<sup>11</sup>. En India, se ha logrado identificar MP, la cual el potencial de factor de riesgo carcinogénico fue significativamente alto en las verduras vendidas en tres mercados locales<sup>12</sup>.

En Polonia varias muestras de frutas y verduras excedieron las concentraciones máximas permisibles de Cd y Pb. La contaminación de estos productos podría ser una fuente importante de exposición del consumidor a metales pesados cuando estos productos son parte de la dieta<sup>13</sup>. La contaminación de estos grupos de productos alimentarios puede ser una fuente significativa de exposición de los consumidores a los metales pesados, ya que forman parte importante de la dieta de la mayoría de las personas.

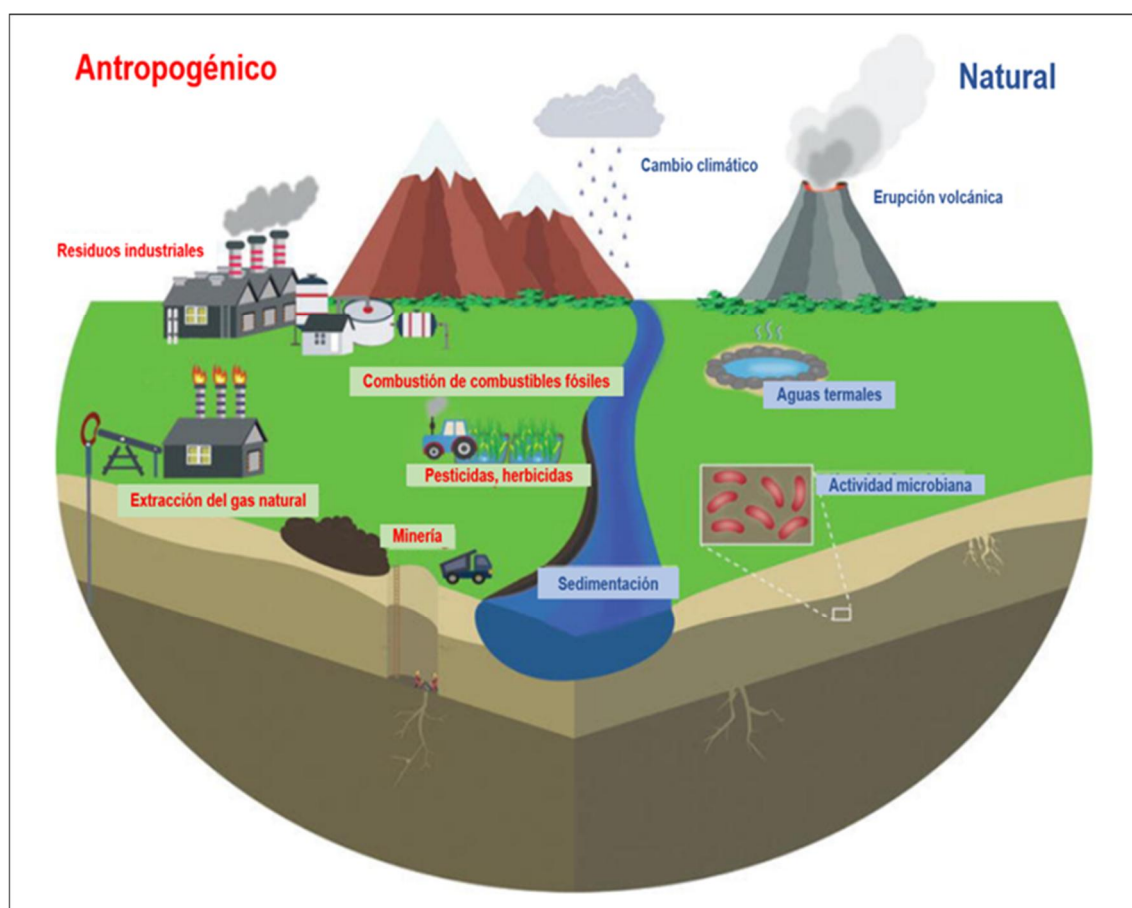
En el Perú, existe la norma técnica de salud que implanta la vigilancia epidemiológica en salud pública de factores de riesgo por exposición e intoxicación por metales pesados y metaloides, publicada en el 2015, tiene como finalidad contribuir a la prevención y control de la exposición e intoxicación por metales pesados y metaloides<sup>14</sup>.

Aunque, se ha logrado identificar Cd y Pb en muestras de maca (*Lepidium meyenii*) en zonas de influencia minera y metalúrgica en las regiones de Junín y Pasco. Las muestras de maca superó los valores establecidos por la Organización para la Alimentación y la Agricultura (siglas en inglés, FAO) y la OMS (0.1 mg/kg)<sup>15</sup>. Aún más, de acuerdo al informe de Amnistía Internacional, informó que existen varios casos en pobladores de la provincia de Espinar en Cusco, niveles altos de As en el cuerpo. La crisis de salud en Espinar es preocupante por los metales pesados. Varios pobladores que viven cercanos de la mina tienen esa intranquilidad<sup>16</sup>.

En el marco teórico, las frutas se consumen a diario y son esenciales en la dieta humana debido a múltiples beneficios para la salud. Estos alimentos son una fuente de vitaminas, antioxidantes, oligoelementos y entre otros<sup>17</sup>. Sin embargo, estos alimentos pueden ser al mismo tiempo una fuente potencial de riesgo para la salud humana cuando tienen un alto nivel de metales pesados debido a la contaminación ambiental<sup>18</sup>. Los fitoquímicos de las frutas se consideran responsables de los resultados positivos para la salud. En particular, se ha

observado ampliamente que las plantas producen una gran cantidad de antioxidantes para combatir el estrés oxidativo inducido por el oxígeno y la luz en el entorno natural<sup>19</sup>.

El arsénico (As) es un elemento natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre, con concentraciones más altas en algunas áreas geográficas, en combinación con sustancias inorgánicas u orgánicas que forman muchos compuestos diferentes. Tanto los compuestos orgánicos de As como los inorgánicos pueden emitirse al aire y luego depositarse en el agua y el suelo durante las operaciones industriales, como la extracción y fundición de minerales, las erupciones volcánicas y los incendios forestales<sup>20</sup> (Figura 1).

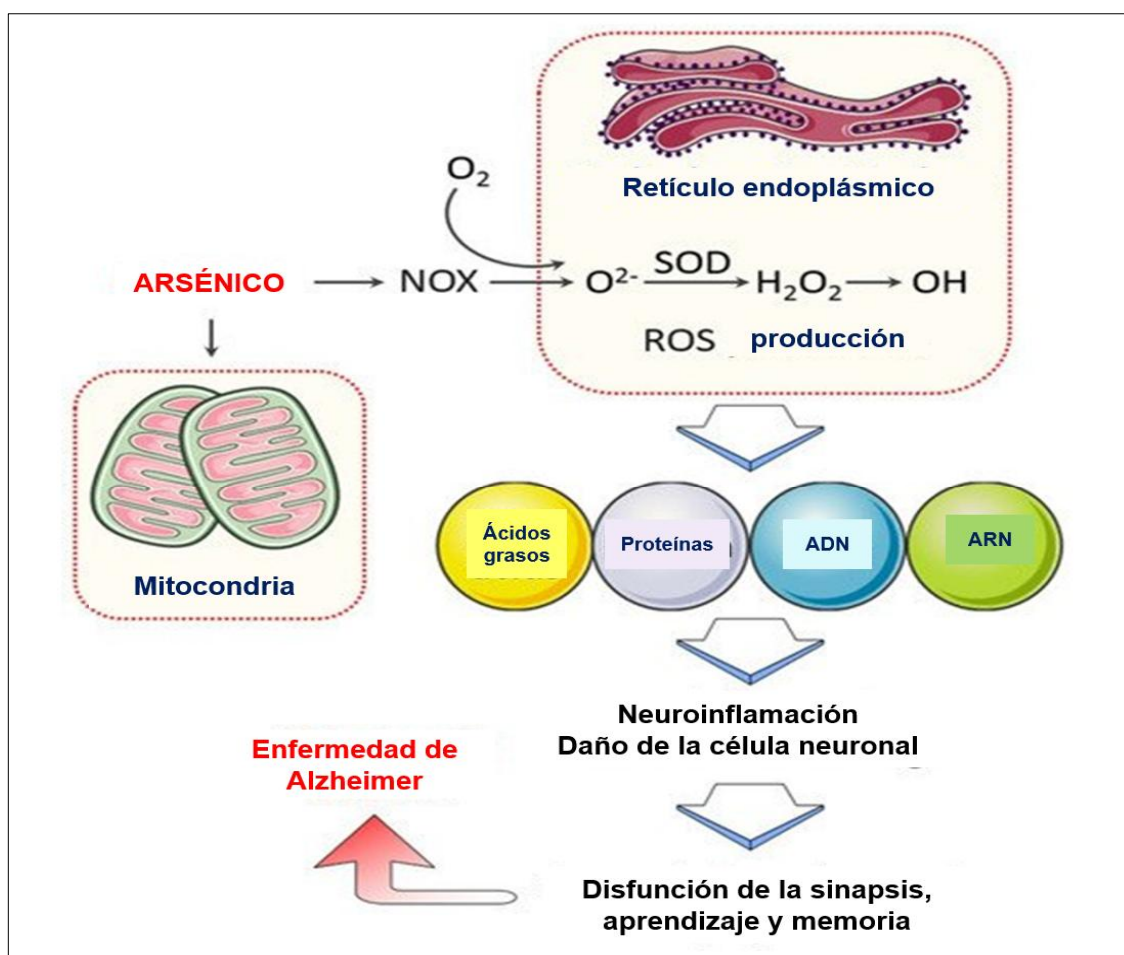


**Figura 1.** Ubicación del As en el medio ambiente

**Fuente:** Hussain et al. (2018)<sup>21</sup>.

La exposición al As tiene un impacto directo en sus efectos tóxicos, pero aún no se comprende completamente su mecanismo de acción molecular exacto. Hay varias hipótesis: una es la generación de radicales libres reactivos, que oxidan

componentes celulares como lípidos, proteínas y ácido desoxirribonucleico (ADN), provocando estrés oxidativo y el consiguiente daño a las células (Figura 2)<sup>22</sup>. La disfunción mitocondrial inducida por As y generación de especies reactivas del oxígeno (ERO) en el caso de la enfermedad de Alzheimer (EA), induce la producción de ERO por disfunción mitocondrial. La nicotinamida adenina dinucleótido fosfato oxidasa (NOX) contribuye a generar aniones superóxido ( $O_2^-$ ), con la inhibición de la enzima superóxido dismutasa (SOD) y formación de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) e iones hidroxilo ( $OH$ ) lo que conduce a la liberación de ERO en las células. La generación de ERO altera los ácidos grasos, las proteínas y el ADN, lo que induce neuroinflamación y, posteriormente, causa disfunción cognitiva en la EA (Figura 2)<sup>23</sup>.



**Figura 2.** Disfunción mitocondrial inducida por As y generación de ERO en la EA

**Fuente:** Rahman et al. (2022)<sup>23</sup>.

El As presenta varias complicaciones para humanos, animales y plantas. La fisiología de las plantas y su crecimiento y desarrollo se ven afectados por el arsénico. Se sabe que el As causa cáncer y varios tipos de toxicidad en órganos, como cardiotoxicidad, nefrotoxicidad y hepatotoxicidad<sup>24</sup>. Aún más, los cultivos que se cultivan en suelos contaminados presentan una toxicidad varias veces mayor para los humanos en comparación con el agua potable si el As ingresa a la cadena alimentaria<sup>25</sup>.

A nivel nacional, Falero (2021) determinó los niveles de As, Cd, mercurio (Hg) y Pb en el fruto de banano producido en Piura. El método fue cuantitativo y transversal. Los resultados señalaron que los frutos de banano en dos cooperativas contenían <0.1 mg/kg de As; <0.028 mg/kg de Cd y <0.08 mg/kg de Pb. El estudio concluye que los niveles de metales pesados en fruta son bajos, por lo que su consumo no perjudica la salud<sup>26</sup>.

Borda y Lahura (2021) determinaron la concentración de los metales pesados en la papa negra (*Solanum tuberosum*) en Junín, comercializado en un mercado en el distrito del Rímac. El método fue descriptivo y transversal. Los resultados reportados en la concentración media de As fue 0.043 mg/kg, Cd 0.036 mg/kg y Pb 0.0565 mg/kg. Los autores concluyen que en Perú no existen normas que establezcan límites máximos en los alimentos de consumo directo que garanticen la seguridad alimentaria de la población<sup>27</sup>.

Soto et al. (2020) determinaron las concentraciones de As, Cd, Pb y Hg en los cultivos de plátano y yuca en zonas abandonadas por la minería del oro, en la Amazonía peruana. El método fue analítico y transversal. Los resultados se destaca que los frutos del plátano se encontraron las menores concentraciones de todos los metales analizados (< 0.01 mg/kg) y altas concentraciones en la yuca con presencia de Pb y As (> 2.9 mg/kg). Los autores concluyen que las muestras de yuca superan los niveles recomendados por la FAO/OMS<sup>28</sup>.

En el área internacional, Sahu y Kacholí (2021) en Tanzania, evaluaron los niveles de cobre (Cu) en tres frutas comestibles, *Lycopersicon esculenta* (tomate), *Citrullus lanatus* (sandía) y *Cucumis sativus* (pepino) comercializadas en un centro de abastecimiento. El método fue descriptivo y prospectivo. Los resultados revelaron que los niveles medios en *L. esculenta* (0.3267 mg/kg) y *C. lanatus* (0.2523 mg/kg,) no difirieron considerablemente ( $p = 0.05$ ) entre sí,

mientras que los dos frutos tuvieron valores significativamente más altos que *C. sativus* (0.1610 mg/kg). Los investigadores concluyen que los niveles de cobre y los valores promedio de ingesta diaria estaban por debajo de los límites permisibles de la OMS/FAO<sup>29</sup>.

Desai et al. (2020) en Uruguay, evaluaron la relación entre el As urinario (As-U) y el rendimiento académico. El método de estudio fue exploratorio y transversal. Los resultados de la concentración mediana (rango) de U-As fue de 11.7 µg/L. No se halló asociación entre As-U y puntajes generales de matemáticas y lectura. Los investigadores concluyeron que existe poca evidencia de que la exposición de bajo nivel al As afecte el rendimiento académico entre los niños que asisten al primer grado de la escuela<sup>30</sup>.

Karasakal (2020) en Turquía, determinaron las concentraciones de aluminio (Al) y cobre (Cu) en frutas tropicales tamarindo (*Tamarindus indica*), carambola (*Averrhoa carambola*), aguaymanto (*Physalis peruviana*), naranja china (*Citrus japonica*), pitahaya (*Hylocereus undatus*), maracuyá (*Passiflora edulis*). El método, se realizó un estudio transversal. Los resultados mostraron que el Cu fue la concentración más baja para la fruta de maracuyá y los valores más altos de Al se encontraron en el aguaymanto y naranja china. El estudio concluye que las concentraciones son niveles aceptables según el Codex Alimentario Turco<sup>31</sup>. El estudio es importante porque esta área de toxicología existe pocos estudios en el Perú relacionados a la presencia de metales tóxicos en alimentos comestibles y debería considerar seriamente el tema del As en productos de origen vegetal.

El valor teórico del estudio propuesto, busca mejorar los conocimientos sobre la exposición humana a elementos tóxicos (As) y los posibles efectos a largo plazo sobre la salud al consumir algún tipo de fruta comercializada. El trabajo de investigación en curso arrojan más luz sobre nuevos conocimientos y en la salud humana es actualmente un área de intenso interés debido a la ubicuidad de la exposición.

Cabe destacar en el valor práctico, los resultados del presente estudio aportan información valiosa sobre la contaminación por As en las frutas comercializados en los principales mercados de Puente Piedra. Asimismo, las autoridades de alimentos a nivel nacional pueden realizar un estudio periódico de los metales pesados en todos los productos alimentarios para evaluar si existe algún riesgo

para la salud derivado de la exposición a los metales pesados, con el fin de garantizar la seguridad alimentaria y proteger al consumidor final de los alimentos que puedan perjudicar su salud.

Referente al valor metodológico, el instrumento elaborado por las investigadoras es una propuesta al seguir un procedimiento rígido y busca respuestas que implica la recogida de información mediante la observación del propio investigador y pueden garantizar más fácilmente la introducción de datos precisos.

El objetivo del estudio es determinar los niveles de arsénico en frutas comercializadas en los principales mercados de Puente Piedra, octubre 2021

La hipótesis general es la concentración de As en frutas comercializadas en los principales mercados de Puente Piedra superan el Límite Máximo Permisible establecidos por la FAO/OMS, Reino Unido y China



## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Enfoque y diseño de la investigación**

El presente estudio es de enfoque cuantitativo, diseño no experimental, analítico y transversal. La investigación cuantitativa se basa en la medición de la cantidad. Se aplica para designar los diseños y métodos de investigación que producen datos numéricos<sup>32</sup>.

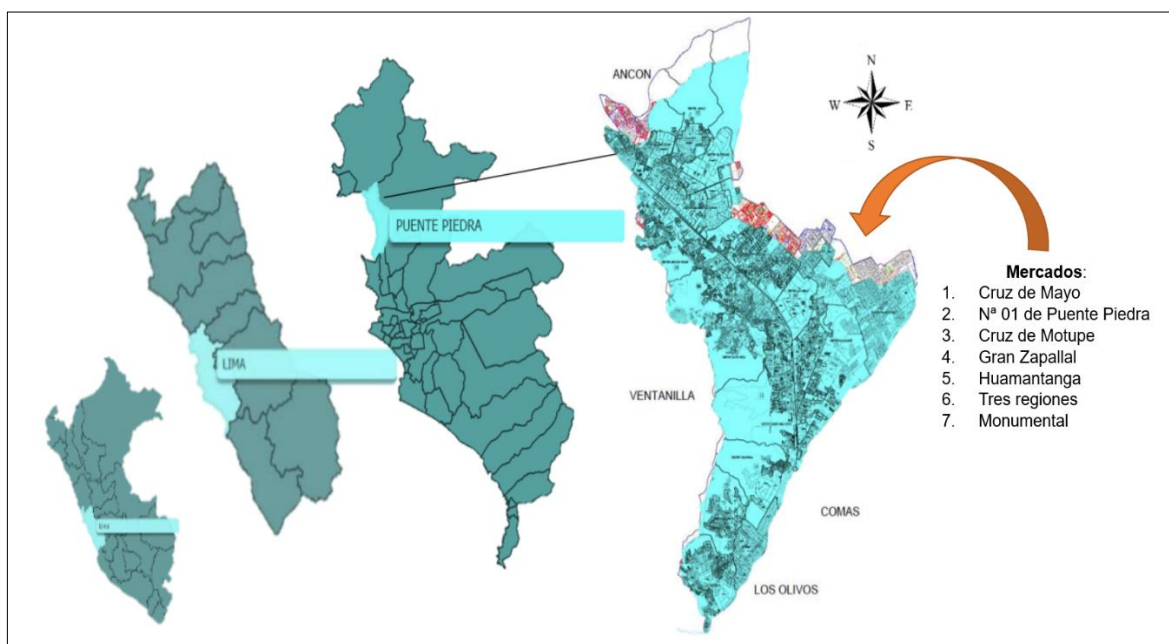
En cuanto al diseño metodológico es no experimental, el investigador no puede controlar, manipular o alterar la variable, sino que se basa en la interpretación, la observación o las interacciones para llegar a una conclusión. Por lo general, no puede demostrar una verdadera relación de causa y efecto<sup>33</sup>.

En los estudios observacionales analíticos, los investigadores tratan de establecer una asociación entre las exposiciones y los resultados. Asimismo, la exposición se determina naturalmente. Para cuantificar el efecto se necesita conocer la tasa de resultados en un grupo de comparación así como en el grupo de intervención o expuesto<sup>34</sup>.

Los estudios transversales, es el más adecuado para los estudios destinados a averiguar la prevalencia de un fenómeno, situación, problema, actitud o cuestión, tomando una sección transversal de la muestra. Son útiles para obtener una "imagen" global en el momento del estudio. Están diseñados para estudiar algún fenómeno tomando una sección transversal del mismo en un momento dado<sup>35</sup>.

### **2.2. Población, muestra y muestreo**

El presente estudio se llevó a cabo en (lugares de mercado; a 20 km del centro de la ciudad Lima) y en el distrito de Puente Piedra (Figura 3). Algunos de los centros de comercialización de frutas están situados en las proximidades de actividades industriales, zonas agrícolas aledañas al río Chillón, cercanas a la Panamericana Norte y están situados en una zona dominada por el tráfico intenso.



**Figura 3:** Ubicación de los mercados en el distrito de Puente Piedra

**Fuente:** Palma (2019)<sup>36</sup>.

El presente estudio se llevó a cabo en mercados (a 20 km del centro de la ciudad Lima) del distrito de Puente Piedra. Algunos de los centros de comercialización de frutas (Tabla 1) están situados en las proximidades de actividades industriales, zonas agrícolas aledañas al río Chillón, cercanas a la Panamericana Norte y están situados en una zona dominada por el tráfico intenso.

**Tabla 1.** Principales mercados del distrito de Puente Piedra

Mercados	Código	Muestras
N°1 de Puente Piedra	MDO01	Aguaymanto ( <i>Physalis peruviana</i> )
Cruz de Mayo	MCM	Fresa ( <i>Fragaria vesca</i> )
Cruz de Motupe	MTP	Manzana ( <i>Malus domestica</i> )
Gran Zapallal	GMZ	Melocotón ( <i>Prunus pérsica</i> )
Huamantanga	MH	Pera ( <i>Pyrus communis</i> )
Tres Regiones	MR3	
Monumental	MR	
Total		35 unidades

Se recogieron simultáneamente muestras frescas exclusivamente de solo cinco frutas representativas, ya que los productos alimenticios examinados estaban comercializados por diferentes centros de abastecimientos de frutas en el distrito de Puente Piedra. Para el análisis se incluyeron sólo las porciones comestibles, mientras que las partes magulladas o en mal estado se eliminaron.

El muestreo se realizó, en el Cono Norte del distrito de Puente Piedra, los mercados fueron: Monumental, Tres regiones, Huamantanga, Gran Zapallal, Cruz de Motupe, Cruz de Mayo y Número 1 de Puente Piedra. Un total de 35 muestras se recolectaron para determinar As, se tomó 5 muestras por cada mercado seleccionado como puntos de muestreo de peso aproximado de 250 gramos por cada muestra.

***Criterios de inclusión:***

- Mercados con mayor demanda que pertenezcan al distrito de Puente Piedra
- Frutas frescas de mayor demanda en los mercados de abastecimiento que pertenezcan al distrito de Puente Piedra
- Frutas libre de aspectos organolépticos aceptables y aptas al consumo humano

***Criterios de exclusión:***

- Mercados fuera de la jurisdicción del distrito de Puente Piedra
- Frutas cuya conservación no es apta al consumo humano
- Frutas de menor consumo comercial

### **2.3. Variables de investigación**

En el presente estudio, la variable principal son los niveles de As

***Definición conceptual:***

La exposición al As es uno de los peligros ambientales para la salud más graves. El As inorgánico, particularmente las especies trivalentes metiladas, es más tóxico para la salud humana que la forma orgánica. La exposición crónica al As inorgánico se produce principalmente a través del agua potable

y facilita la absorción de muchos alimentos comestibles entre ellos las frutas<sup>37</sup>.

*Definición operacional:*

Dado el potencial de exposición al As de las frutas, buscamos determinar las concentraciones de As y comparar con las normas establecidas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO/OMS), Reino Unido y China, a través de un instrumento de recolección de datos validado.

#### **2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos**

La técnica es analítica para las mediciones de absorbancia y se utilizó el método por Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES).

Esta técnica tiene ventajas claras, como la capacidad de medición simultánea de múltiples elementos junto con límites de detección muy bajos. Además, ofrece un rango dinámico lineal más amplio que permite la determinación de elementos principales y traza en la misma inyección de muestra. Estos métodos sufren desventajas como la posible pérdida de especies metálicas volátiles durante la incineración, la contaminación en el curso del proceso de digestión o quelación, o las recuperaciones no cuantitativas especialmente cuando se realizan numerosos pasos de extracción de extracción<sup>38</sup>.

Los instrumentos elaborados a través de tablas donde indica los valores referenciales de orden nacional e internacional, de acuerdo a la literatura revisada, garantiza los datos que se recolectaron con exactitud y los resultados son interpretables y generalizables.

La validez y el contenido de los instrumentos han sido validados por un conjunto de docentes compuesto por tres académicos con grado de Maestría y/o Doctor expertos en el campo de la práctica toxicológica y ciencias farmacéuticas. La validación del instrumento por los expertos busca mejorar el contenido, haciéndolo más confiable, preciso, válido y resolutivo en lo que se propone medir.

## 2.5. Proceso de recolección de datos

- Se compraron 35 variedades de frutas comerciales (manzana, pera, fresa, aguaymanto y melocotón) en los mercados locales del distrito de Puente Piedra
- Las muestras se tomaron el día 01 y 02 de octubre del 2021 en bolsas de polietileno seguras que tiene un cierre hermético, adecuadamente rotuladas según el mercado de procedencia, fueron almacenadas y transportadas en cooler al laboratorio de análisis SLAB LABORATORIOS manteniendo las condiciones adecuadas de almacenamiento y transporte (temperatura de 5-10°C). Las muestras fueron recepcionadas y almacenadas según los protocolos estandarizados para su continuo análisis.
- Las muestras se secaron primero en el horno a 105°C durante 24 horas. Las muestras secas se pulverizaron en una batidora trituradora teniendo cuidado de no sobrecalentar la muestra.
- Se pesaron con precisión siete muestras pulverizadas con dos réplicas para cada fruta se pesaron con precisión y se colocaron en crisoles y se añadieron unas gotas de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) concentrado al sólido como ayuda para la ceniza.
- Los estándares se prepararon a partir de los estándares individuales de 1000 mg/L (Merck), en  $\text{HNO}_3$  0.1 N. Los estándares de trabajo se prepararon a partir de las soluciones madre anteriores.
- Las soluciones estándar de As 1000 mg/L.
- Se utilizó agua desionizada para preparar todas las soluciones.
- Se prepararon diariamente soluciones de trabajo estándar a varias concentraciones mediante diluciones adecuadas de la solución madre con agua desionizada.
- Todos los análisis de las muestras de frutas se realizaron utilizando un espectrómetro de emisión óptica de plasma de acoplamiento inductivo. La ICP-OES utilizado fue el Spectro Arcos (SPECTRO, Alemania) con una antorcha de tipo EOP de 25 mm.

- Las muestras de frutas se digirieron en el sistema de digestión por microondas en recipiente cerrado y se analizaron por ICP-OES para determinar el contenido de As.
- Antes de la digestión por microondas, las muestras del estudio (unos 0.5 g) se pusieron en remojo durante la noche en 5 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado ultrapuro.
- Al día siguiente, las muestras se digirieron mediante un programa de digestión en dos pasos:
  - En el primer paso, el microondas funcionó al 100% de su potencia, aumentando la temperatura a 180°C durante 15 minutos y manteniéndola a 180°C durante 10 minutos. Después, los recipientes de microondas se enfriaron y se ventilaron.
  - En el segundo paso, se añadieron 2 mL de peróxido de hidrógeno a cada recipiente. Los recipientes se cerraron y el microondas volvió a aumentar su temperatura a 180°C durante 10 minutos, y luego se mantuvo a esa temperatura durante 5 minutos.
- Todas las muestras fueron digeridas por triplicado y una pesada adicional fue adicionada con As (V) para calcular las recuperaciones de los picos.
- Para garantizar la exactitud de los datos presentados, se realizaron experimentos de recuperación.
- Para evitar la contaminación de las muestras, todos los pasos del procedimiento de preparación de las mismas se llevaron a cabo en un laboratorio equipado para el análisis de metales tóxicos.
- Los blancos de reactivo se prepararon y midieron de la misma manera que las muestras.

## **2.6. Métodos de análisis estadístico**

A continuación, los datos recogidos se introdujeron en una hoja de cálculo Excel. Los análisis estadísticos para el cálculo de la media y la desviación estándar de las concentraciones medidas se desarrolló con el Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 18.0. Todos los gráficos y el tratamiento estadístico, incluido el *t*-Student, de una vía se realizaron al utilizar las herramientas de Microsoft Excel. Los valores P inferiores a 0.05 se consideraron significativos.

## **2.7. Aspectos éticos**

El presente informe, se desarrolló aplicando el estudio sin riesgo, mejor dicho, sobre una investigación en los que no se realiza ninguna intervención humana, entre los que se consideran: revisión de historias bibliográficas, encuestas, datos censales, cuestionarios y otros en los que no se identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta<sup>39</sup>. Ante ello, este estudio empleó el método por Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES) como técnica analítica para la determinación de niveles de arsénico en una matriz alimenticia, como son las frutas, y en ningún momento se intervino con seres humanos; ya que estas muestras provienen de diferentes lugares de comercialización de estos vegetales, delimitado en el distrito de Puente Piedra.

### III. RESULTADOS

A continuación los resultados del estudio: Determinación de los niveles de arsénico en frutas comercializadas en los principales mercados de Puente Piedra, octubre 2021.

**Tabla 2.** Niveles de As en muestras de frutas

Número	Procedencia (Mercado)	Código	Tipo de muestra	Arsénico total mg/kg (ppm)
1	Nº1 de Puente Piedra	MDO01	Aguaymanto	<0.02
2			Fresa	<0.02
3			Manzana	<0.02
4			Melocotón	<0.02
5			Pera	<0.02
6	Cruz de Mayo	MCM	Aguaymanto	<0.02
7			Fresa	<0.02
8			Manzana	<0.02
9			Melocotón	<0.02
10			Pera	<0.02
11	Cruz de Motupe	MTP	Aguaymanto	<0.02
12			Fresa	<0.02
13			Manzana	<0.02
14			Melocotón	<0.02
15			Pera	<0.02
16	Gran Zapallal	GMZ	Aguaymanto	<0.02
17			Fresa	<0.02
18			Manzana	<0.02
19			Melocotón	<0.02
20			Pera	<0.02
21	Huamantanga	MH	Aguaymanto	<0.02
22			Fresa	<0.02
23			Manzana	<0.02
24			Melocotón	<0.02
25			Pera	<0.02
26	Tres Regiones	MR3	Aguaymanto	<0.02
27			Fresa	<0.02
28			Manzana	<0.02
29			Melocotón	<0.02
30			Pera	<0.02
31	Monumental	MR	Aguaymanto	<0.02
32			Fresa	<0.02
33			Manzana	<0.02
34			Melocotón	<0.02
35			Pera	<0.02

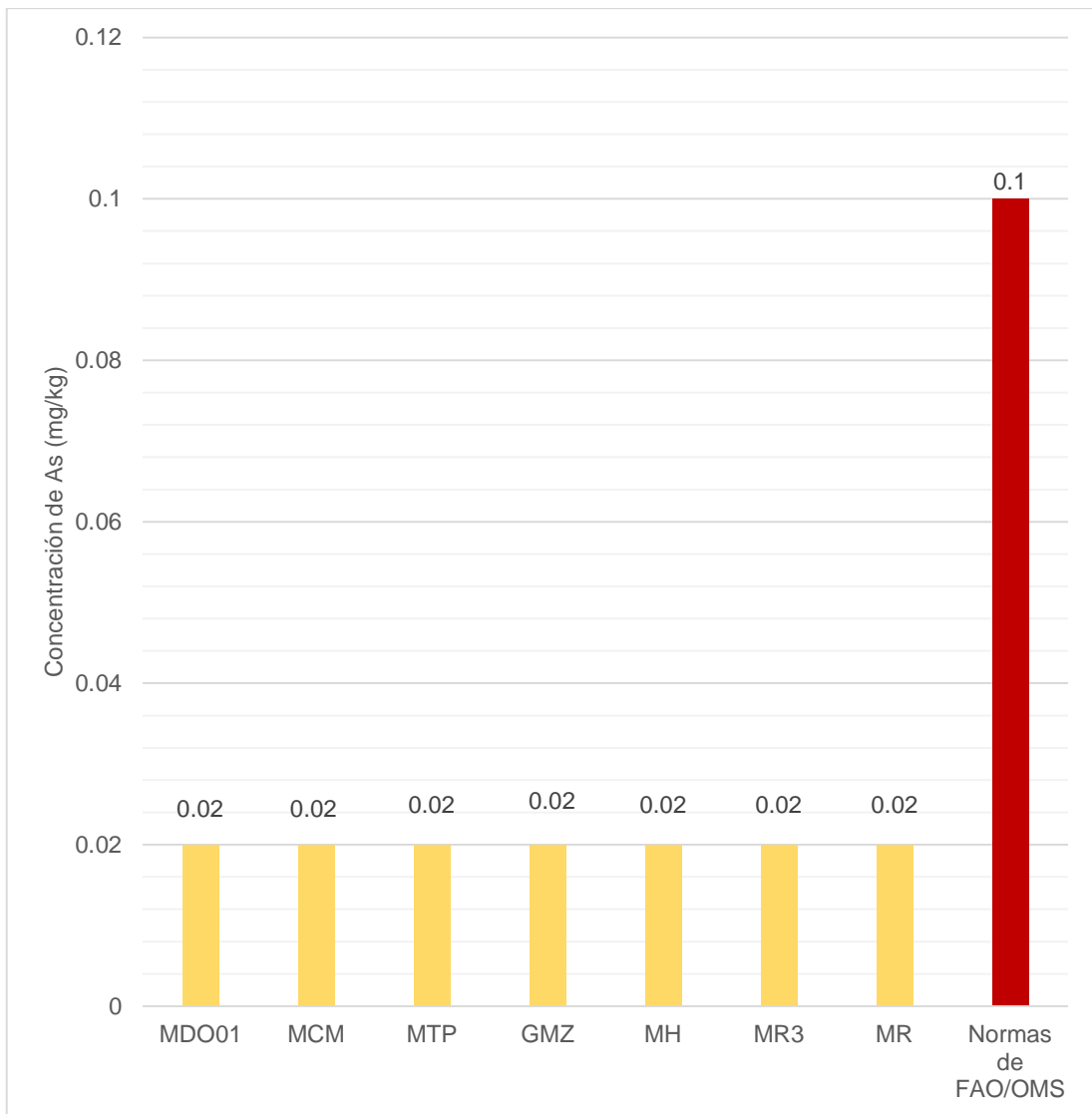


De acuerdo a la Tabla 2, de un total de treinta y cinco muestras de frutas (aguaymanto, fresa, manzana, melocotón y pera), se observa que los niveles de concentración de As son menores de 0.02 mg/kg en todas las muestras. Los niveles de As encontrados en las frutas y verduras analizadas estaban en sus rangos normales y no representaban ningún riesgo grave para los consumidores. Asimismo, estaban muy por debajo de los niveles máximos establecidos por las organizaciones de normalización internacionales. Observamos que el As es omnipresente en el medio ambiente y se encuentra en gran medida se encuentra en todos los alimentos estudiados.

Cabe resaltar que existe la posibilidad que la utilización de agua contaminada con arsénico para preparar alimentos de origen vegetal, puede aumentar aún más la ingesta de arsénico. Aunque los riesgos de los alimentos no se pueden cuantificar con precisión, la evidencia existente respalda los esfuerzos para limitar la exposición siempre que sea posible, especialmente para las poblaciones vulnerables.

**Tabla 3.** Niveles de As en muestras de frutas en comparación con las normas alimentarias de la FAO/OMS

Número	Procedencia (Mercado)	Código	Tipo de muestra	Arsénico mg/kg (ppm)	Normas Alimentarias de la FAO/OMS (As: 0.1-0.5 mg/kg)
1	Nº1 de Puente Piedra	MDO01	Aguaymanto	<0.02	0.1
2			Fresa	<0.02	0.1
3			Manzana	<0.02	0.1
4			Melocotón	<0.02	0.1
5			Pera	<0.02	0.1
6	Cruz de Mayo	MCM	Aguaymanto	<0.02	0.1
7			Fresa	<0.02	0.1
8			Manzana	<0.02	0.1
9			Melocotón	<0.02	0.1
10			Pera	<0.02	0.1
11	Cruz de Motupe	MTP	Aguaymanto	<0.02	0.1
12			Fresa	<0.02	0.1
13			Manzana	<0.02	0.1
14			Melocotón	<0.02	0.1
15			Pera	<0.02	0.1
16	Gran Zapallal	GMZ	Aguaymanto	<0.02	0.1
17			Fresa	<0.02	0.1
18			Manzana	<0.02	0.1
19			Melocotón	<0.02	0.1
20			Pera	<0.02	0.1
21	Huamantanga	MH	Aguaymanto	<0.02	0.1
22			Fresa	<0.02	0.1
23			Manzana	<0.02	0.1
24			Melocotón	<0.02	0.1
25			Pera	<0.02	0.1
26	Tres Regiones	MR3	Aguaymanto	<0.02	0.1
27			Fresa	<0.02	0.1
28			Manzana	<0.02	0.1
29			Melocotón	<0.02	0.1
30			Pera	<0.02	0.1
31	Monumental	MR	Aguaymanto	<0.02	0.1
32			Fresa	<0.02	0.1
33			Manzana	<0.02	0.1
34			Melocotón	<0.02	0.1
35			Pera	<0.02	0.1



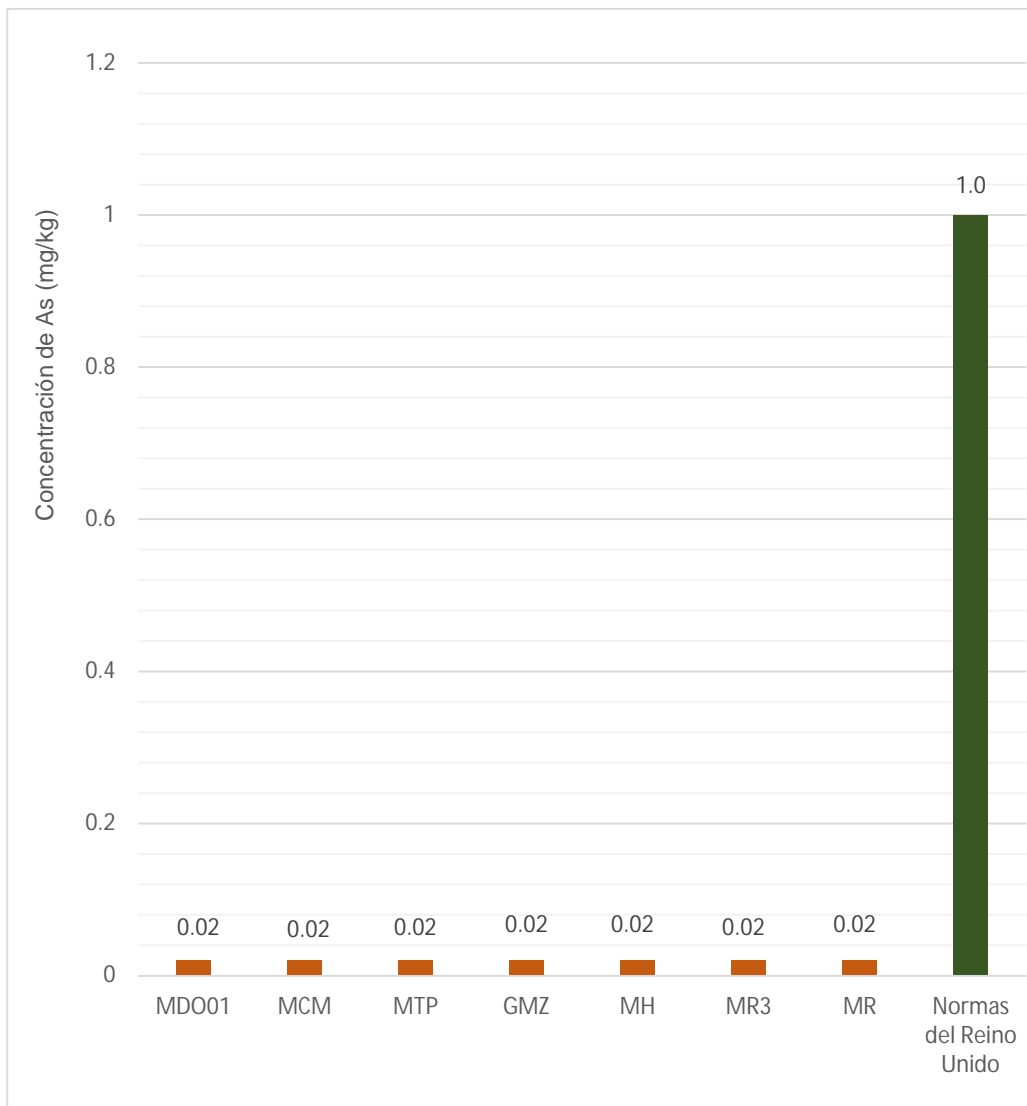
**Figura 4.** Concentración de As en frutas en cada mercado muestreado en comparación con las normas alimentarias de la FAO/OMS

**Fuente:** Elaboración propia

En cuanto a la Tabla 3 y Figura 4, se observa de un total de treinta y cinco muestras de frutas, todos están, en rangos menores de 0.02 mg/kg de As. Según los reglamentos de la FAO/OMS, el Límite Máximo Permisible de As es 0.1 mg/kg a 0.5 mg/kg para los alimentos. Estos materiales vegetales existe presencia del metal tóxico y al estar contaminados por diversas fuentes, existe la posibilidad que los agricultores los lavan con aguas residuales antes de introducirlos en el mercado y su posterior comercialización.

**Tabla 4.** Niveles de As en muestras de frutas en comparación con las normas alimentarias del Reino Unido

Número	Procedencia (Mercado)	Código	Tipo de muestra	Arsénico mg/kg (ppm)	Normas Alimentarias del Reino Unido (As: 1.0 mg/kg)
1	Nº1 de Puente Piedra	MDO01	Aguaymanto	<0.02	1.0
2			Fresa	<0.02	1.0
3			Manzana	<0.02	1.0
4			Melocotón	<0.02	1.0
5			Pera	<0.02	1.0
6	Cruz de Mayo	MCM	Aguaymanto	<0.02	1.0
7			Fresa	<0.02	1.0
8			Manzana	<0.02	1.0
9			Melocotón	<0.02	1.0
10			Pera	<0.02	1.0
11	Cruz de Motupe	MTP	Aguaymanto	<0.02	1.0
12			Fresa	<0.02	1.0
13			Manzana	<0.02	1.0
14			Melocotón	<0.02	1.0
15			Pera	<0.02	1.0
16	Gran Zapallal	GMZ	Aguaymanto	<0.02	1.0
17			Fresa	<0.02	1.0
18			Manzana	<0.02	1.0
19			Melocotón	<0.02	1.0
20			Pera	<0.02	1.0
21	Huamantanga	MH	Aguaymanto	<0.02	1.0
22			Fresa	<0.02	1.0
23			Manzana	<0.02	1.0
24			Melocotón	<0.02	1.0
25			Pera	<0.02	1.0
26	Tres Regiones	MR3	Aguaymanto	<0.02	1.0
27			Fresa	<0.02	1.0
28			Manzana	<0.02	1.0
29			Melocotón	<0.02	1.0
30			Pera	<0.02	1.0
31	Monumental	MR	Aguaymanto	<0.02	1.0
32			Fresa	<0.02	1.0
33			Manzana	<0.02	1.0
34			Melocotón	<0.02	1.0
35			Pera	<0.02	1.0



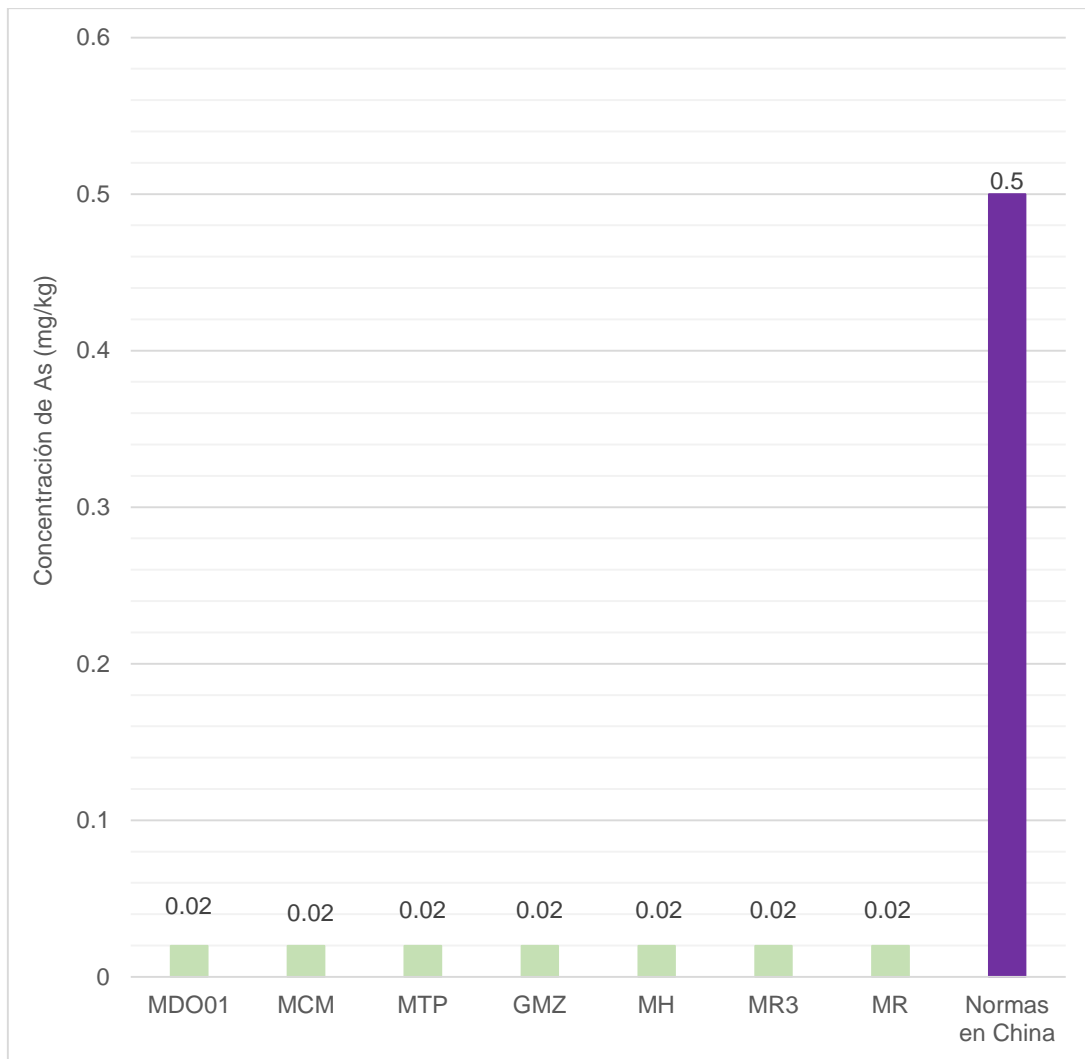
**Figura 5.** Concentración de As en frutas en cada mercado muestreado en comparación con las normas alimentarias del Reino Unido

**Fuente:** Elaboración propia

En lo que concierne a la Tabla 4 y Figura 5 de un total de treinta y cinco muestras de frutas, en todos están en 0.02 mg/kg de As. De acuerdo a las normativas de alimentos del Reino Unido, el Límite Máximo Permisible de As es 1 mg/kg. Cabe destacar que la presencia del metal pesado en estudio, sea posible que las especies frutales pueden estar contaminadas por fertilizantes químicos, pesticidas, emisiones de vehículos y posibles fuentes de contaminación por metales pesados en la zona de estudio.

**Tabla 5.** Niveles de As en muestras de frutas en comparación con las normas de China

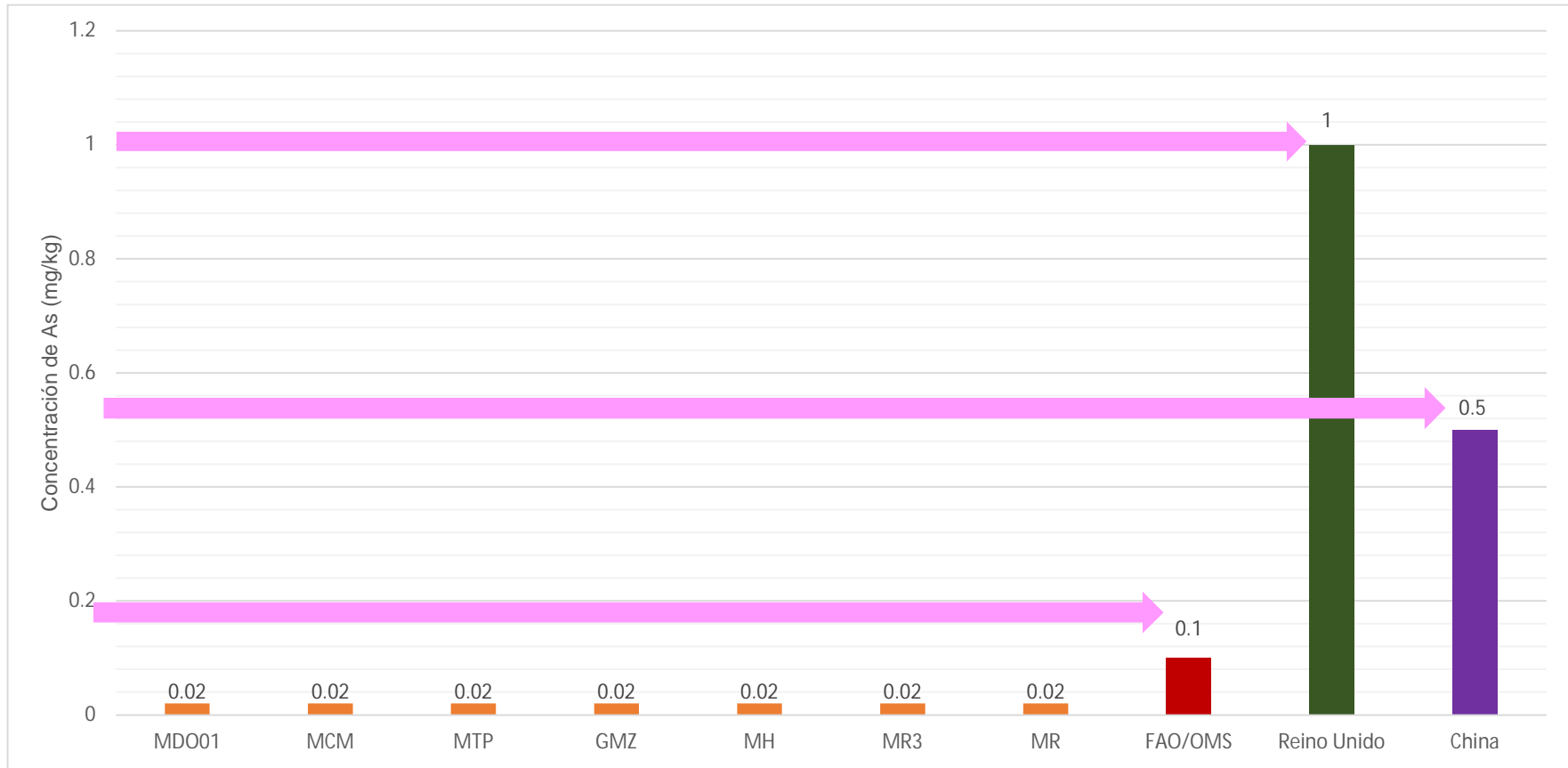
Número	Procedencia (Mercado)	Código	Tipo de muestra	Arsénico (mg/kg)	Normas de China (As: 0.5 mg/kg)
1	Nº1 de Puente Piedra	MDO01	Aguaymanto	<0.02	0.5
2			Fresa	<0.02	0.5
3			Manzana	<0.02	0.5
4			Melocotón	<0.02	0.5
5			Pera	<0.02	0.5
6	Cruz de Mayo	MCM	Aguaymanto	<0.02	0.5
7			Fresa	<0.02	0.5
8			Manzana	<0.02	0.5
9			Melocotón	<0.02	0.5
10	Cruz de Motupe	MTP	Pera	<0.02	0.5
11			Aguaymanto	<0.02	0.5
12			Fresa	<0.02	0.5
13			Manzana	<0.02	0.5
14			Melocotón	<0.02	0.5
15	Gran Zapallal	GMZ	Pera	<0.02	0.5
16			Aguaymanto	<0.02	0.5
17			Fresa	<0.02	0.5
18			Manzana	<0.02	0.5
19			Melocotón	<0.02	0.5
20	Huamantanga	MH	Pera	<0.02	0.5
21			Aguaymanto	<0.02	0.5
22			Fresa	<0.02	0.5
23			Manzana	<0.02	0.5
24			Melocotón	<0.02	0.5
25	Tres Regiones	MR3	Pera	<0.02	0.5
26			Aguaymanto	<0.02	0.5
27			Fresa	<0.02	0.5
28			Manzana	<0.02	0.5
29			Melocotón	<0.02	0.5
30	Monumental	MR	Pera	<0.02	0.5
31			Aguaymanto	<0.02	0.5
32			Fresa	<0.02	0.5
33			Manzana	<0.02	0.5
34			Melocotón	<0.02	0.5
35			Pera	<0.02	0.5



**Figura 6.** Niveles de As en muestras de frutas en comparación con las normas de China

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 5 y Figura 6 de un total de treinta y cinco muestras de frutas, en todos están contenidas de As ( $0.02\text{mg/kg}$ ). De acuerdo a las normativas de China, el Límite Máximo Permisible de As es  $0.5\text{ mg/kg}$ . Aún más, la disposición del metal pesado en las muestras vegetales, está muy cerca de la zona de estudio con una complejos habitacionales de alta densidad poblacional, transporte urbano y zonas agrícolas. Los plaguicidas se utilizan de forma intensiva para proteger los árboles frutales de los insectos y algunos patógenos. Esto puede dar lugar a la acumulación de As en las muestras de fruta.



**Figura 7.** Niveles de As en muestras de frutas en comparación con las normas de FAO/OMS, Reino Unido y China

En la Figura 8 se visualiza que las treinta y cinco muestras de frutas (0.02 mg/kg) no superan los niveles máximos estipulados por las normas de la FAO/OMS (0.1 mg/kg), Reino Unido (1 mg/kg) y China (0.5 mg/kg).



## Prueba de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** La concentración de As en frutas comercializadas en los principales mercados de Puente Piedra no superan el Límite Máximo Permisible establecidos por la FAO/OMS, Reino Unido y China

**H<sub>1</sub>:** La concentración de As en frutas comercializadas en los principales mercados de Puente Piedra superan el Límite Máximo Permisible establecidos por la FAO/OMS, Reino Unido y China

**Tabla 6.** Media y desviación estándar de la concentración de As en las frutas evaluadas

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Concentración de As	35	.000200	.0000000	.0000000

**Tabla 7.** Prueba *t*-Student de medias de la concentración de As en las frutas evaluadas

	<i>t</i>	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de As	-2,290	34	.029*	.0000000	.0000000	.0000000

$\alpha=0.05$

\*no significativo ( $0.029 < 0.05$ )

Según la hipótesis planteada ( $H_1$ ): La concentración de As en frutas comercializadas en los principales mercados de Puente Piedra superan el Límite Máximo Permisible establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS)/Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Reino Unido y China.

El nivel máximo o el Límite Máximo Permisible establecido de As por las normativas internacionales es 0.1 mg/kg (OMS/FAO), 1 mg/kg (Reino Unido) y 0.5 mg/kg (China).

Se rechaza la hipótesis ( $H_1$ ), debido a que no hay diferencias significativas ( $0.029 < 0.05$ ) que superen los valores respecto a la concentración de As (0.02 mg/kg) en las frutas evaluadas procedentes de distintos mercados del área de estudio.

En consecuencia, se acepta la hipótesis nula: La concentración de As en frutas comercializadas en los principales mercados de Puente Piedra no superan los Límites Máximos Permisibles establecidos por la FAO/OMS, Reino Unido y China.

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. Discusión

El presente estudio investigó las concentraciones de As, en frutas de consumo común para evaluar la calidad de los alimentos y hacer recomendaciones basadas en una comprensión explícita de los riesgos para la salud humana. La contaminación por metales de las frutas comestibles plantea un riesgo potencial para la salud<sup>40</sup>. Se seleccionó el distrito de Puente Piedra debido al sistema de mercado abierto en el área y porque los cambios estructurales físicos están ocurriendo rápidamente dentro de su ecología urbana, como la construcción continua de caminos y edificios. Estas actividades, en muchos casos, no están rigurosamente planificadas.

La contaminación por polvo y aguas residuales del río Chillón son comunes que caracterizan al distrito, y los mercados se ubican indiscriminadamente a lo largo de las carreteras. Por lo tanto, la vigilancia de la contaminación de los alimentos por metales y sustancias peligrosas es necesaria para evaluar y reducir la exposición dietética.

Los resultados del presente estudio evidencian en general que las concentraciones de As en las muestras de frutas (aguaymanto, fresa, manzana, melocotón y pera) fueron de  $<0.02$  mg/kg y son comparables con el nivel máximo o el Límite Máximo Permissible establecido de As por las normativas internacionales de 0.1 mg/kg (OMS/FAO), 1 mg/kg (Reino Unido) y 0.5 mg/kg (China). La cual resulta que estaban dentro de los límites permisibles y son seguras desde el punto de vista del consumo.

Los resultados anteriores fueron consistentes con los hallazgos de Aremu et al. (2022), determinaron niveles de As en mango (*Magnifera indica*), pepino (*Cucumis sativus*) y papaya (*Carica papaya*) vendidos en el Mercado Moderno en Nigeria. Obteniéndose las medias: 0.0006 mg/kg (mango) 0.000435 mg/kg (pepino) y 0.00535 mg/kg (papaya), el As presentes en las muestras de fruta están por debajo de los límites permitidos por la OMS/FAO. Además, los valores del cociente de peligro y de los índices de peligro no superan la unidad (inferiores a 1)<sup>41</sup>. Por lo tanto, ninguna de las muestras de fruta investigadas

supone un riesgo para la salud de los consumidores. Entretanto, Mania et al. (2021) en Polonia, la contaminación con As era baja y no supone un problema para la salud. El contenido medio de As en las muestras analizadas fue 0.001 mg/kg en los preparados de frutillas (fresas, zarzamoras y frambuesas) y otras frutas pequeñas incluidas las frutas enlatadas, hasta 0.021 mg/kg y otras frutas pequeñas congeladas (0.050 mg/kg)<sup>42</sup>. De forma análoga, Zhang et al. (2021) detectó la concentración media de As fue 0.02923 mg/kg, por debajo de la norma nacional de China (0.5 mg/kg). No se detectó en las ocho muestras de fruta (fresa, naranja, manzana, melocotón, sandía, plátano y cereza) de mercados locales y tiendas minoristas en la provincia de Shandong, China<sup>43</sup>. De manera similar, Cao y Bourquin (2020) en Estados Unidos, lograron hallar las concentraciones de As total en todas las muestras de manzanas fueron inferiores a 0.001 mg/kg. Es poco probable que las concentraciones de As total en manzanas y productos de manzana de estas huertas seleccionadas en Michigan se vean afectadas por la contaminación de estos metales en el suelo de la huerta<sup>44</sup>. Imeri et al. (2019) en Kosovo, las concentraciones de As en el suelo y en las plantas de manzana las medias oscilaron entre 0.03 mg/kg y 0.05 mg/kg. Los cultivos alimentarios de las ciudades, las zonas periurbanas, las zonas industriales, los bordes de las carreteras y las explotaciones mineras suelen contener altas concentraciones de elementos tóxicos en las partes comestibles<sup>45</sup>. De manera semejante, Fathabad et al. (2018) en Irán el rango de concentración promedio de As en los jugos de frutas fue 0.00376 mg/kg y el rango de concentración de As, en frutas enlatadas en cuatro marcas diferentes (durazno, naranja, cereza y piña) se informó como 0.00392 mg/kg todas las muestras estaban contaminadas con los metales pesados investigados, la mayoría de ellos no superaban los estándares establecidos<sup>46</sup>. De manera similar, Narukawa et al. (2018) en Japón, investigó en productos de uva, cuatro muestras contenían más de 0.01 mg/kg de As inorgánico aunque el valor obtenido es el límite menor en referencia a la FAO/OMS<sup>47</sup>. Paralelamente, Antoine et al. (2017) en Jamaica, realizó un estudio en trece cultivos alimentarios cultivados entre ellos se destaca el coco (*Xanthosoma sagittifolium*) y plátano (*Musa acuminata*) las concentraciones medias para As 0.006 y 0.104 mg/kg respectivamente<sup>48</sup>. Al igual que Liao et al. (2014) en China, se investigaron los niveles de As en los frutos de mango (*Mangifera*

*indica*) las concentraciones oscilaron entre 0.006 mg/kg y 0.05 mg/kg con un valor medio de 0.086 mg/kg, estos resultados eran inferiores al valor máximo permitido (China=0.5 mg/kg) y, por tanto, estos resultados pueden considerarse como valores de fondo para ser comparados por futuros estudios<sup>49</sup>. De igual forma, Abbas et al. (2010) en Pakistán en vegetales frutales la concentración promedio de As fue 0.054 mg/kg, la concentración máxima (0.083 mg/kg) de As se encontró en los frutales de ñajú mientras que la concentración mínima (0.014 mg/kg) se detectada en hortalizas (coliflor)<sup>50</sup>. No existe un riesgo significativo para la salud del consumidor asociado con el consumo de las frutas del actual estudio. Aun así, la principal fuente de As es la alimentación para el consumidor no expuesto laboralmente.

Por otra parte se han realizado estudios sobre los niveles de concentración en As que superan los estándares internacionales, Bayissa et al. (2021) en Etiopía, en las muestras del fruto de tomate, han excedido los valores recomendados con niveles promedio de 0.93 mg/kg, los datos muestran claramente que se notó un nivel elevado de As en las muestras del fruto, independientemente del área de su origen, cuando se compara con el valor recomendado de 0.1 mg/kg (FAO/OMS)<sup>51</sup>, aunque diferente y cercano a 1 mg/kg que es normado por el Reino Unido. Lo mismo que Bhattacharyya et al. (2021) en zonas geológicamente contaminada con As en India, revelaron que las acumulaciones de As en la coliflor, la hoja de espinaca y el fruto del tomate estuvieron en el rango de 0.15-0.17 mg/kg, 2.73-3.00 mg/kg y 0.08 mg/kg respectivamente. Los parámetros de riesgo dietético no eran alarmantes para la coliflor y el tomate, pero sí suponían una amenaza para el consumo de espinacas<sup>52</sup>. Del mismo modo, Gonzalez et al. (2020) en España, en un estudio experimental en cultivo hidropónico de fresa se encontró mayor acumulación de As en raíces (0.44-4.10 mg/kg) que en tallos (0.43-1.27 mg/kg) y frutos (0.22-0.30 mg/kg), la acumulación dependía de la concentración de especies de As añadidas al agua y del tiempo de exposición<sup>53</sup>. El contenido de As inorgánico de los frutos puede representar un riesgo grave para la salud en el caso del consumo humano. Así como Massadeh et al. (2018) en Jordania determinó el As de varias marcas de frutas enlatadas y verduras, incluyendo zumo enlatado (piña), salsa de tomate enlatada (ketchup), zanahorias enteras

enlatadas y frejoles verdes enlatadas. Los niveles de concentración del metal pesado en las muestras oscilaban entre 2.50-5.10 mg/kg para el As. Esta variación en la concentración de metales podría atribuirse a la propia fuente de alimentación, al tipo de lata o a la posibilidad de corrosión del cuerpo interior de la lata utilizada. Además, las concentraciones medias de As en las muestras de piña y salsa de tomate en conserva fueron de 3.75 y 3.50 mg/kg, respectivamente<sup>19</sup>. Estos resultados indican que las concentraciones obtenidas de As en las muestras analizadas superaban en general los límites permitidos establecidos por las organizaciones sanitarias (FAO/OMS, China, Reino Unido). Tal cual Ezeonyejiaku y Obiakor (2017) en Nigeria, se realizó una investigación en la canasta de mercado de cinco frutas (guayaba, piña, naranja, papaya y manzana) las concentraciones osciló entre 20.0 ±0.71–96.84 ±0.00 mg/kg. Las concentraciones significativas de As en las frutas examinadas indican una amenaza potencial para la salud pública. Los controles de calidad de los alimentos son deficientes y los mecanismos existentes no son muy efectivos para proteger a los consumidores. Los efectos nocivos de los contaminantes alimentarios no se han denunciado en el país como resultado de una evaluación de riesgos, una comunicación y un déficit de recursos inadecuados<sup>54</sup>. En Irán, Taghizadeh, (2017) en la fruta pistacho (*Pistacia vera*) y los lugares recogidos, el cultivar de la región Kaleghoochi (medias de 1.963 ± 0.005 mg/kg) y la región de Sarakhs mostraron el nivel más alto de As (2.22 ± 0.001 mg/kg)<sup>55</sup>. En ese mismo sentido, Saleh et al. (2017) en los mercados de Teherán (Irán) en muestras de frutas cítricas (mandarina, toronja, lima dulce, naranja agria y naranja) el As en las muestras de cítricos de las partes de la pulpa fueron 2.30 mg/kg y en las partes de la cáscara fueron 2.12 mg/kg, respectivamente. Las concentraciones medias del metal pesado eran superiores a los límites máximos permitidos por la FAO/OMS. Aún más, la contaminación por As por encima del límite permitido (0.10 mg/kg) generalmente no se reporta en las frutas<sup>56</sup>. Sin embargo, algunas frutas en estudios de mercados en Botswana (Bati et al. 2016) se identificó en el tomate un nivel de As de 1.20 mg/kg<sup>57</sup>. En Bangladesh (Saha y Zaman, 2013) tenían niveles inseguros de As en muestras de guayaba (0.131 mg/kg) mango (0.128 mg/kg), mora (0.134 mg/kg) y platano (0.126 mg/kg)<sup>58</sup>. La acumulación de metales pesados en las partes de las plantas utilizadas como alimento puede

tener un efecto perjudicial en la salud de los habitantes que viven en ellas y en las zonas circundantes.

Las concentraciones de As fueron semejantes en todas las muestras. Las frutas de los vendedores presentaban en general menores concentraciones de metal tóxico, aunque su presencia puede originar peligro a futuro. Esto aún podría atribuirse al uso intensivo de fertilizantes y pesticidas por parte de los agricultores más sofisticados que abastecen a los mercados.

A partir de los resultados de este estudio, indicaron que la contaminación por As en frutas presentaba riesgos bajos para la salud, pero la evaluación actual de riesgos para la salud no tuvo en cuenta otras fuentes importantes de alimentos contaminados con metales pesados. Por lo tanto, el seguimiento y la evaluación de riesgos del As seguían siendo esenciales para mantener la protección de la salud de los consumidores.

## 4.2. Conclusiones

- La concentración de As encontrado en las muestras de frutas expandidas en los mercados del distrito de Puente Piedra tiene una media menor de 0.02 mg/kg. Sin embargo por muy bajos que sean los niveles de metales pesados presentes en las frutas o en cualquier producto alimenticio, su presencia no es deseable.
- De la concentración de As hallados en las muestras de frutas (<0.02 mg/kg) ninguna supera el nivel máximo establecido de acuerdo a la FAO/OMS (0.1 mg/kg). Por lo tanto, ninguna de las muestras de frutas bajo investigación presentaría riesgos para la salud de los consumidores.
- La concentración de As detectado en las muestras de especies frutales (<0.02 mg/kg) comercializadas en los mercados del distrito de Puente Piedra, el 100% resultaron estar por debajo y no superan el nivel máximo establecido de acuerdo a las Normas Alimentarias del Reino Unido (As: 1.0 mg/kg). En general, el nivel de As en las muestras de frutas podría considerarse sin riesgo para la salud de la población consumidora pero es necesario un seguimiento continuo.
- Los resultados de este estudio revelan que la concentración de As en muestras de frutas (<0.02 mg/kg) que se venden en los mercados del distrito de Puente Piedra no excedieron los límites permisibles establecidos por diferentes organizaciones de salud entre ellas el Ministerio de Salud de China (As: 0.5 mg/kg). Sin embargo, la presencia de As en las frutas, está claramente relacionada con los niveles de contaminación en el medio ambiente.



### **4.3. Recomendaciones**

- Se sugiere a las instituciones gubernamentales que debería prestarse más atención a los niveles de As para garantizar la seguridad alimentaria y proteger a los ciudadanos de los alimentos que puedan perjudicar su salud.
- Se recomienda el control regular de la contaminación por metales pesados en las hortalizas cultivadas en el país, además debe ser realizado por un equipo de expertos y la realización de un análisis de rutina del contenido de metales pesados tóxicos en las muestras de alimentos.
- Se recomienda a los gobiernos locales y distritales que los residuos municipales o industriales no se viertan en los ríos ni en las tierras de cultivo sin un tratamiento previo.
- Es recomendable que los responsables de las políticas destinadas a vigilar y controlar regularmente las concentraciones de metales pesados en las fuentes de agua de riego para que no superen los límites permitidos. Por lo tanto, las políticas y los programas deben ser adaptarse para que se tengan en cuenta las prácticas agrícolas y una medida local adecuada para mitigar la absorción de metales pesados por parte de las hortalizas.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Gebeyehu HR, Bayissa LD. Levels of heavy metals in soil and vegetables and associated health risks in Mojo area Ethiopia. PloS One. 2020;15(1): e0227883.1-22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227883>
2. Jiang Y, Jianhua Ma J, Ruan X, Chen X. Compound health risk assessment of cumulative heavy metal exposure: a case study of a village near a battery factory in Henan Province, China. Environ. Sci.: Processes Impacts. 2020; (22):1408-1422. <https://doi.org/10.1039/D0EM00104J>
3. Gupta N, Yadav K, Kumar V, Kumar S, Chadd RP, Kumar A. Trace elements in soil-vegetables interface: Translocation, bioaccumulation, toxicity and amelioration - A review, Science of The Total Environment. 2019;651(Part 2):2927-2942. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.047>
4. Kumar S, Prasad S, Yadav K, Shrivastava M, Gupta N, Nagar S, et al. Hazardous heavy metals contamination of vegetables and food chain: Role of sustainable remediation approaches - A review, Environmental Research. 2019;179 (Part A). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108792>.
5. World Health Organization (WHO). Arsenic. Published on February 15, 2018. <https://bit.ly/3wuEB9h>
6. Khan ZI, Ugulu I, Sahira S, Ahmad K, Ashfaq A, Mehmood N, et al. Determination of toxic metals in fruits of *Abelmoschus esculentus* grown in contaminated soils with different irrigation sources by spectroscopic method. Int. J. Environ. Res. 2018;12:503-511. <https://doi.org/10.1007/s41742-018-0110-2>
7. Ahmad K, Nawaz K, Khan ZI, Nadeem M, Wajid K, Ashfaq A, et al. Effect of diverse regimes of irrigation on metals accumulation in wheat crop: an assessment-dire need of the day. Fresenius Environ. Bull. 2018;27:846-855. <https://bit.ly/3wgmeEz>
8. Zakir HM, Quadir QF, Bushra A, Sharmin S, Sarker A, Rashid MH, Rahma A. Human health exposure and risks of arsenic from contaminated soils and brinjal fruits collected from different producers and retailers levels. Environ Geochem Health. 2022;1-19. <https://doi.org/10.1007/s10653-022-01227-7>

9. Mbabazi J, Wasswa J, Kwetegyeka J, Heavy metal contamination in vegetables cultivated on a major urban wetland inlet drainage system of Lake Victoria, Uganda. *Int J Environ Stud.* 2010;67(3):333-348.  
<https://doi.org/10.1080/00207231003612613>
10. Rahman M, Islam MA. Concentrations and Health Risk Assessment of Trace Elements in Cereals, Fruits, and Vegetables of Bangladesh. *Biol Trace Elem Res.* 2019;191:243-253. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1596-3>
11. Chen Z, Muhammad I, Zhang Y, Hu W, Lu Q, Wang W. Transfer of heavy metals in fruits and vegetables grown in greenhouse cultivation systems and their health risks in Northwest China. *Science of The Total Environment.* 2020;142663.1-40. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.1426>
12. Kumar P, Kumar S, Singh RP. High Contamination of Toxic Heavy Metals in Vegetables and Their Associated Health Risk Assessment from Different Vegetable markets of the Metropolitan City, Lucknow, India. *Int J Environ Res.* 2021;15:837–847. <https://doi.org/10.1007/s41742-021-00345-x>
13. Rusin M, Domagalska J, Rogala D. Concentration of cadmium and lead in vegetables and fruits. *Sci Rep.* 2021; (11):11913.1-10.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-91554-z>
14. Ministerio de Salud del Perú. Vigilancia Epidemiológica en Salud Pública de Factores de Riesgo por Exposición e Intoxicación por Metales Pesados y Metaloides. 2015;1-52. <https://bit.ly/3whjAyo>
15. Orellana Mendoza E, Cuadrado W, Yallico L, Zárate R, Quispe-Melgar H, Limaymanta CH, et al. Heavy metals in soils and edible tissues of *Lepidium meyenii* (Maca) and health risk assessment in areas influenced by mining activity in the Central region of Peru. *Toxicol Rep.* 2021; 8: 1461–1470.  
<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.07.016>
16. Vega Y. Arsénico, manganeso, cadmio... metales tóxicos que amenazan la salud de los pueblos indígenas de Perú. Amnistía Internacional. 09 de agosto de 2021. <https://bit.ly/3uaXDhM>
17. Shaheen N, Irfan NM, Khan IN, Islam S, Islam MS, Ahmed MK. Presence of heavy metals in fruits and vegetables: health risk implications in Bangladesh. *Chemosphere.* 2016;152:431-438.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.02.060>

18. Brewer JD, Bellamy H, Hoover A, Koempel A, Gaetke L. Nutrition and Environmental Pollution Extension Curriculum Improved Diet-Related Behaviors and Environmental Health Literacy. *Environmental Health Insights*. 2019;3:1-11. <https://doi.org/10.1177/1178630219836992>.
19. Massadeh AM, Al-Massaedh AT. Determination of heavy metals in canned fruits and vegetables sold in Jordan market. *Environ Sci Pollut Res*. 2018; 25:1914-1920. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0611-0>
20. Sodhi KK, Kumar M, Agrawal PK, Singh DK. Perspectives on arsenic toxicity, carcinogenicity and its systemic remediation strategies. *Environmental Technology & Innovation*. 2019;1-16. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100462>
21. Hussain A, Raveendran VA, Kundu S, Samanta T, Shunmugam R, Pal D, Sarma, JD. Mechanisms of Arsenic-Induced Toxicity with Special Emphasis on Arsenic-Binding Proteins. *Arsenic - Analytical and Toxicological Studies*. 2018; 1-24. <https://doi.org/10.5772/intechopen.74758>
22. Yousefsani BS, Pourahmad J, Hosseinzadeh H. The mechanism of protective effect of crocin against liver mitochondrial toxicity caused by arsenic III. *Toxicol Mech Methods*. 2018;28(2):105-114. <https://doi.org/10.1080/15376516.2017.1368054>.
23. Rahman MA, Hannan MA, Uddin MJ, Rahman MS, Rashid MM, Kim B. Exposure to Environmental Arsenic and Emerging Risk of Alzheimer's Disease: Perspective Mechanisms, Management Strategy, and Future Directions. *Toxics*. 2021;9(8):188.1-15. <https://doi.org/10.3390/toxics9080188>
24. Bagherifam S, Brown TC, Fellows CM, Naidu R. Bioavailability of Arsenic and Antimony in Terrestrial Ecosystems: A Review. *Pedosphere*. 2019;29(6), 681-720. [https://doi.org/10.1016/s1002-0160\(19\)60843-x](https://doi.org/10.1016/s1002-0160(19)60843-x)
25. Rehman MU, Khan R, Kha, A, Qamar W, Arafah A, Ahmad A, et al. Fate of arsenic in living systems: Implications for sustainable and safe food chains. *Journal of Hazardous Materials*. 2021;(417):126050.1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126050>

26. Borda Luna BE, Lahura Albújar NE. Incidencia de los metales pesados, en la calidad de la papa negra (*Solanum tuberosum*) proveniente de la provincia de Tarma, Junín, Perú. Cátedra Villarreal. 2021;9(1):1-10.  
<https://doi.org/10.24039/cv2020821046>
27. Falero Alvarado Y. Determinación de metales pesados - arsénico, cadmio, mercurio y plomo - en banano orgánico producido en el distrito de Buenos Aires, Valle Alto Piura – Morropón, Piura 2020 [Tesis]. Piura: Universidad Nacional de Piura; 2021. 53 p. <https://bit.ly/3u4V1IL>
28. Soto-Benavente M, Rodriguez-Achata L, Olivera M, Arostegui V, Colina C, Garate J. Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. Scientia Agropecuaria. 2020;11(1):49-59.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.06>
29. Sahu M, Kacholí DS. Copper levels in three commonly edible fruits: Are consumers at risk?. Journal of Agriculture and Applied Biology. 2021;2(2):76-81. <https://doi.org/10.11594/jaab.02.02.02>.
30. Desai G, Barg G, Vahter M, Queirolo E, Peregalli F, Mañay N, et al. Low level arsenic exposure, B-vitamins, and achievement among Uruguayan school children. Int J Hyg Environ Health. 2020 Jan; 223(1):124-131.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.09.011>
31. Karasakal A. Determination of Major, Minor, and Toxic Elements in Tropical Fruits by ICP-OES After Different Microwave Acid Digestion Methods. Food Analytical Methods. 2020;1-17. <https://doi.org/10.1007/s12161-020-01884-3>
32. Quick J, Hall S. Part Three: The Quantitative Approach. Journal of Perioperative Practice. 2015; 25(10): 192–196.  
<https://doi.org/10.1177/175045891502501002>
33. Brink H, Van der Walt C, Rensburg G. Fundamentals of Research Methodology for Health Care Professionals. Fourth edition . Cape Town: Juta & Co; 2018. 225 p.
34. Grove K, Burns N, Gray J. The Practice of Nursing Research: Appraisal, Synthesis, and Generation of Evidence. Seventh edition. St Louis, MO: Elsevier; 2012. 755 p.

35. Kesmodel US. Cross-sectional studies - what are they good for? *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*. 2018; 97(4): 388–393.  
<https://doi.org/10.1111/aogs.1333>
36. Palma Carhuachín MT. Análisis de la situación de salud distrito de Puente Piedra provincia de Lima. Dirección de redes integradas de Salud Lima Norte. 2019.1-103. <https://bit.ly/3NIPWbX>
37. Signes-Pastor AJ, Cottingham KL, Carey M, Sayarath V, Palys T, Meharg A, et al. Infants' dietary arsenic exposure during transition to solid food. *Sci Rep*. 2018;(8):7114.1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25372-1>
38. Pehlivanam E, Arslan G, Gode F, Altun T, Özcan M. Determination of some inorganic metals in edible vegetable oils by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES). *Grasas y aceites*. 2008;59(3):239-244. <https://bit.ly/3LGujah>
39. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Diario Oficial de la Federación el 2 de abril de 2014. Ciudad de México. [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LGS\\_MIS.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf)
40. Andras P, Turisovs I, Krnac J, Dirner V, Volekov-Lalinska B, Buccheri G, Jelen S. Hazards of heavy metal contamination at L'ubietová Cu-Deposit (Slovakia). *Procedia Environ Sci*. 2012;14:3–21.  
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.03.002>
41. Aremu MO, Ibrahim HE, Onwuka JC, Augustine AU, Ishaleku Y. Health Risk Assessment of Heavy Metal Concentrations in Some Commonly Sold Fruits in Lafia City Modern Market. *International Journal of Sciences*. 2022; 11(01): 28-33. <https://doi.org/10.18483/ijSci.2542>
42. Mania M, Rebeniak M, Chabros E, Orshulyak O, Postupolski J. The content of lead, cadmium, arsenic, mercury and tin in fruit and their products based on monitoring studies— exposure assessment. *Rocz Panstw Zakl Hig*. 2021;72(4):353-360. <https://doi.org/10.32394/rpzh.2021.0188>
43. Zhang T, Zhang Y, Li W, Wang L, Jiao Y, Wang Y, et al. Occurrence and dietary exposure of heavy metals in marketed vegetables and fruits of Shandong Province, China. *Food Science & Nutrition*. 2021;9(9):5166–5173. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2485>

44. Cao LT, Bourquin L. Relationship of Arsenic and Lead in Soil with Fruit and Leaves of Apple Trees at Selected Orchards in Michigan. *J Food Prot.* 2020;83(6):935–942. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-325>
45. Imeri R, Kullaj E, Endrit; Duhani E; Millaku L. Concentrations of heavy metals of in apple fruits around the industrial area of Mitrovica , Kosovo. *The Iraqi Journal of Agricultural Science; Baghdad.* 2019; 50(1): 256-266. <https://bit.ly/3LUAo2N>
46. Fathabad AE, Shariatifar N, Moazzen M, Nazmara S, Fakhri Y, Alimohammadi, M. Determination of heavy metal content of processed fruit products from Tehran's market using ICP- OES: A risk assessment study. *Food and Chemical Toxicology.* 2018; 115: 436–446. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.03.044>
47. Narukawa T, Iwai T, Chiba K. Determination of Inorganic Arsenic in Grape Products Using HPLC-ICP-MS. *Analytical Sciences.* 2018;34(6):687–691. <https://doi.org/10.2116/analsci.18sbp02>
48. Antoine JMR, Fung LAH, Grant CN. Assessment of the potential health risks associated with the aluminium, arsenic, cadmium and lead content in selected fruits and vegetables grown in Jamaica. *Toxicology Reports.* 2017; 4:181-187. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.03.006>
49. Liao X, Fu Y, He Y, Yang Y. Occurrence of arsenic in fruit of mango plant (*Mangifera indica* L.) and its relationship to soil properties. *CATENA.* 2014;113:213-218. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.07.011>
50. Abbas M, Parveen Z, Iqbal M, Riazuddin M, Iqbal S, Ahmed M, Bhutto R. Monitoring of toxic metals (cadmium, lead, arsenic and mercury) in vegetables of Sindh, Pakistan. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology.* 2010;6(2):60-65. <https://doi.org/10.3126/kuset.v6i2.4013>
51. Bayissa LD, Gebeyehu HR. Vegetables contamination by heavy metals and associated health risk to the population in Koka area of central Ethiopia. *PLoS ONE.* 2021;16(7):e0254236.1-17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254236>

52. Bhattacharyya K, Sengupta S, Pari A, Halder S, Bhattacharya P, Pandian BJ, Chinchmalatpure AR. Characterization and risk assessment of arsenic contamination in soil–plant (vegetable) system and its mitigation through water harvesting and organic amendment. *Environmental Geochemistry and Health*. 2021;43(8):2819-2834. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00796-9>
53. González de las Torres AI, Giráldez I, Martínez F, Palencia P, Corns WT, Sánchez-Rodas D. Arsenic accumulation and speciation in strawberry plants exposed to inorganic arsenic enriched irrigation. *Food Chemistry*. 2020;315:126215.1-6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126215>.
54. Ezeonyejiaku CD, Obiakor MO. A Market Basket Survey of Horticultural Fruits for Arsenic and Trace Metal Contamination in Southeast Nigeria and Potential Health Risk Implications. *Journal of Health and Pollution*. 2017;7(15):40-50. <https://doi.org/10.5696/2156-9614-7.15.40>
55. Taghizadeh SF, Davarynejad G, Asili J, Nemati SH, Rezaee R, Goumenou M, et al. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of five pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars collected from different geographical sites of Iran. *Food and Chemical Toxicology*. 2017;107:99-107. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.035>
56. Saleh R, Cheraghi M, Lorestani B. Health Assessment of Heavy Metal Pollution (Cadmium, Lead, Arsenic) in Citrus Marketed in Tehran, Iran, 2015. *Arch Hyg Sci*. 2017;6(2):171-177. <https://bit.ly/3jjAx3y>
57. Bati K, Mogobe O, Masamba WRL. Concentrations of some trace elements in vegetables sold at Maun Market, Botswana. *J Food Res*. 2016;6:69. <https://doi.org/10.5539/jfr.v6n1p69>
58. Saha N, Zaman MR. Evaluation of possible health risks of heavy metals by consumption of foodstuffs available in the central market of Rajshahi City, Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2012;185(5):3867-3878. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2835-2>



## **ANEXOS**

### Anexo A: Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Naturaleza	Escala de medición	Medida	Indicadores
Niveles de arsénico	El arsénico es un elemento metaloide natural con distribución ubicua en la corteza terrestre y las aguas subterránea	Los niveles de concentración de As en las muestras de frutas frescas fueron comparados con las normas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO/OMS), Reino Unido y China, a través de un instrumento de recolección de datos validado.	- Aguaymanto - Fresa - Manzana - Melocotón - Pera	Cuantitativa	Nominal	Directa	Diferentes especies de frutas frescas
			Niveles máximos permisibles	Cuantitativa	Nominal	Directa	FAO/OMS: 1 mg/kg Reino Unido: 1 mg/kg China: 0.5 mg/kg

## ANEXO B: Instrumento de recolección de datos

Muestra	Nombre común	Nombre científico	Mercado en Puente Piedra	Nivel máximo de As por FAO/OMS: 0.1 mg/kg	Nivel máximo de As por Reino Unido: 1.0mg/kg	Nivel máximo de As por China: 0.5 mg/kg	Observación
N° 1	Aguaymanto	<i>Physalis peruviana</i>	N°1 de Puente Piedra				
N° 2	Fresa	<i>Fragaria vesca</i>	N°1 de Puente Piedra				
N° 3	Manzana	<i>Malus domestica</i>	N°1 de Puente Piedra				
N° 4	Melocotón	<i>Prunus pérsica</i>	N°1 de Puente Piedra				
N° 5	Pera	<i>Pyrus communis</i>	N°1 de Puente Piedra				
N° 6	Aguaymanto	<i>Physalis peruviana</i>	Cruz de Mayo				
N° 7	Fresa	<i>Fragaria vesca</i>	Cruz de Mayo				
N° 8	Manzana	<i>Malus domestica</i>	Cruz de Mayo				
N° 9	Melocotón	<i>Prunus pérsica</i>	Cruz de Mayo				
N° 10	Pera	<i>Pyrus communis</i>	Cruz de Mayo				
N° 11	Aguaymanto	<i>Physalis peruviana</i>	Cruz de Motupe				
N° 12	Fresa	<i>Fragaria vesca</i>	Cruz de Motupe				
N° 13	Manzana	<i>Malus domestica</i>	Cruz de Motupe				
N° 14	Melocotón	<i>Prunus pérsica</i>	Cruz de Motupe				
N° 15	Pera	<i>Pyrus communis</i>	Cruz de Motupe				
N° 16	Aguaymanto	<i>Physalis peruviana</i>	Gran Zapallal				
N° 17	Fresa	<i>Fragaria vesca</i>	Gran Zapallal				
N° 18	Manzana	<i>Malus domestica</i>	Gran Zapallal				
N° 19	Melocotón	<i>Prunus pérsica</i>	Gran Zapallal				
N° 20	Pera	<i>Pyrus communis</i>	Gran Zapallal				
N° 21	Aguaymanto	<i>Physalis peruviana</i>	Huamantanga				
N° 22	Fresa	<i>Fragaria vesca</i>	Huamantanga				
N° 23	Manzana	<i>Malus domestica</i>	Huamantanga				
N° 24	Melocotón	<i>Prunus pérsica</i>	Huamantanga				
N° 25	Pera	<i>Pyrus communis</i>	Huamantanga				
N° 26	Aguaymanto	<i>Physalis peruviana</i>	Tres Regiones				
N° 27	Fresa	<i>Fragaria vesca</i>	Tres Regiones				
N° 28	Manzana	<i>Malus domestica</i>	Tres Regiones				
N° 29	Melocotón	<i>Prunus pérsica</i>	Tres Regiones				
N° 30	Pera	<i>Pyrus communis</i>	Tres Regiones				
N° 31	Aguaymanto	<i>Physalis peruviana</i>	Monumental				
N° 32	Fresa	<i>Fragaria vesca</i>	Monumental				
N° 33	Manzana	<i>Malus domestica</i>	Monumental				
N° 34	Melocotón	<i>Prunus pérsica</i>	Monumental				
N° 35	Pera	<i>Pyrus communis</i>	Monumental				

## Anexo C: Validación de instrumentos de recolección de datos

UNIVERSIDAD MARÍA AUXILIADORA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE SALUD  
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

### FICHA DE VALIDACIÓN

Nombre del instrumento de evaluación	Autores del instrumento
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS	- Carlota González Pacheco - Miriam Cruz Huaraya
<b>Título de investigación:</b> DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN FRUTAS COMERCIALIZADOS EN LOS PRINCIPALES MERCADOS DE PUENTE PIEDRA	

#### I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Después de revisado el instrumento, es valiosa su opinión acerca de lo siguiente:

	Menos de 50	50	60	70	80	90	100
1. ¿En qué porcentaje estima usted que con esta prueba se logrará el objetivo propuesto?	( )	( )	( )	( )	( )	(x)	( )
2. ¿En qué porcentaje considera que los ítems están referidos a los conceptos del tema?	( )	( )	( )	( )	( )	(x)	( )
3. ¿Qué porcentaje de los ítems planteados son suficientes para lograr los objetivos?	( )	( )	( )	( )	( )	(x)	( )
4. ¿En qué porcentaje, los ítems de la prueba son de fácil comprensión?	( )	( )	( )	( )	( )	(x)	( )
5. ¿En qué porcentaje los ítems siguen una secuencia lógica?	( )	( )	( )	( )	( )	(x)	( )
6. ¿En qué porcentaje valora usted que con esta prueba se obtendrán datos similares en otras muestras?	( )	( )	( )	( )	( )	(x)	( )

#### II. SUGERENCIAS

1. ¿Qué ítems considera usted que deberían agregarse?

.....

2. ¿Qué ítems considera usted que podrían eliminarse?

.....

3. ¿Qué ítems considera usted que deberían reformularse o precisarse mejor?

.....

Fecha 28 de setiembre del 2021

Validado por

  
 \_\_\_\_\_  
 Dr. Jhonnel Samaniego Joaquin

**FICHA DE VALIDACIÓN**

Nombre del instrumento de evaluación	Autores del instrumento
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS	- Carlota González Pacheco - Miriam Cruz Huaraya

**Título de investigación:**  
DETERMINACION DE LOS NIVELES DE ARSENICO EN FRUTAS  
COMERCIALIZADOS EN LOS PRINCIPALES MERCADOS DE PUENTE PIEDRA

**I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

Después de revisado el instrumento, es valiosa su opinión acerca de lo siguiente:

	Menos de 50	50	60	70	80	90	100
1. ¿En qué porcentaje estima usted que con esta prueba se logrará el objetivo propuesto?	( )	( )	( )	(X)	( )	( )	( )
2. ¿En qué porcentaje considera que los ítems están referidos a los conceptos del tema?	( )	( )	( )	(X)	( )	( )	( )
3. ¿Qué porcentaje de los ítems planteados son suficientes para lograr los objetivos?	( )	( )	( )	(X)	( )	( )	( )
4. ¿En qué porcentaje, los ítems de la prueba son de fácil comprensión?	( )	( )	( )	(X)	( )	( )	( )
5. ¿En qué porcentaje los ítems siguen una secuencia lógica?	( )	( )	( )	(X)	( )	( )	( )
6. ¿En qué porcentaje valora usted que con esta prueba se obtendrán datos similares en otras muestras?	( )	( )	( )	(X)	( )	( )	( )

**SUGERENCIAS**

¿Qué ítems considera usted que deberían agregarse?

Ninguno

¿Qué ítems considera usted que podrían eliminarse?

Ninguno

¿Qué ítems considera usted que debería reformularse o precisarse mejor?

Ninguno

Fecha: 13/09/2021

Validado por: M. Sc. Leslie Diana Velarde Apaza

Firma:



UNIVERSIDAD MARÍA AUXILIADORA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE SALUD  
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

**FICHA DE VALIDACIÓN**

Nombre del instrumento de evaluación	Autores del instrumento
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	- Carlota González Pacheco - Miriam Cruz Huaraya

**Título de investigación:**  
DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN FRUTAS  
COMERCIALIZADAS EN LOS PRINCIPALES MERCADOS DE PUENTE PIEDRA

**I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

Después de revisado el instrumento, es valiosa su opinión acerca de lo siguiente:

	Menos de 50	50	60	70	80	90	100
1. ¿En qué porcentaje estima usted que con esta prueba se logrará el objetivo propuesto?	( )	( )	( )	( )	( )	(X)	( )
2. ¿En qué porcentaje considera que los ítems están referidos a los conceptos del tema?	( )	( )	( )	( )	( )	(X)	( )
3. ¿Qué porcentaje de los ítems planteados son suficientes para lograr los objetivos?	( )	( )	( )	( )	( )	( )	(X)
4. ¿En qué porcentaje, los ítems de la prueba son de fácil comprensión?	( )	( )	( )	( )	( )	(X)	( )
5. ¿En qué porcentaje los ítems siguen una secuencia lógica?	( )	( )	( )	( )	( )	(X)	( )
6. ¿En qué porcentaje valora usted que con esta prueba se obtendrán datos similares en otras muestras?	( )	( )	( )	( )	( )	(X)	( )

**II. SUGERENCIAS**

- ¿Qué ítems considera usted que deberían agregarse?  
\_\_\_\_\_
- ¿Qué ítems considera usted que podrían eliminarse?  
\_\_\_\_\_
- ¿Qué ítems considera usted que deberían reformularse o precisarse mejor?  
\_\_\_\_\_

Fecha: 16 de setiembre de 2021

Validado por: Mg. Victor Humberto Chero Pacheco

Firma:



## Anexo D: Evidencias de trabajo de campo



**Foto 1:** Investigadora en recolección y selección de la muestra



**Foto 2:** Investigadora en adquisición de la muestra

# Informe del ensayo del Laboratorio



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS  
QUÍMICOS S.A.C. SLAB

## INFORME DE ENSAYO IE-011021-01

### 1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : CARLOTA ESPERANZA GONZALEZ  
1.2 RUC : 40159595

### 2. FECHAS

2.1 Inicio : 04 de Octubre de 2021  
2.2 Finalización : 12 de Octubre de 2021  
2.3 Emisión de informe : 14 de Octubre de 2021  
2.4 Observaciones : ---

### 3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1 Temperatura : 19.8 °C  
3.2 Humedad Relativa : 52 %

### 4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

4.1 Ensayo solicitado : Determinación de Arsénico  
4.2 Método de Referencia : EPA 6010C Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES).

### 5. DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

TABLA N°1: DATOS DE LAS MUESTRAS

Código de Laboratorio	Código de Cliente	Tipo de Muestra	Datos Adicionales
S-2496	MDO01 01	Fruta: Manzana	Cantidad: 250g
S-2497	MDO01 02	Fruta: Pera	Cantidad: 250g
S-2498	MDO01 03	Fruta: Fresa	Cantidad: 250g
S-2499	MDO01 04	Fruta: Aguaymanto	Cantidad: 250g
S-2500	MDO01 05	Fruta: Melocotón	Cantidad: 250g

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

  
DIEGO ROMANO VERGARAY O'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337



**TABLA N°2: DATOS DE LAS MUESTRAS (continuación)**

Código de Laboratorio	Código de Cliente	Tipo de Muestra	Datos Adicionales
S-2501	MCM01	Fruta: Manzana	Cantidad: 250g
S-2502	MCM02	Fruta: Pera	Cantidad: 250g
S-2503	MCM03	Fruta: Fresa	Cantidad: 250g
S-2504	MCM04	Fruta: Aguaymanto	Cantidad: 250g
S-2505	MCM05	Fruta: Melocotón	Cantidad: 250g
S-2506	MTP01	Fruta: Manzana	Cantidad: 250g
S-2507	MTP02	Fruta: Pera	Cantidad: 250g
S-2508	MTP03	Fruta: Fresa	Cantidad: 250g
S-2509	MTP04	Fruta: Aguaymanto	Cantidad: 250g
S-2510	MTP05	Fruta: Melocotón	Cantidad: 250g
S-2511	GMZ01	Fruta: Manzana	Cantidad: 250g
S-2512	GMZ02	Fruta: Pera	Cantidad: 250g
S-2513	GMZ03	Fruta: Fresa	Cantidad: 250g
S-2514	GMZ04	Fruta: Aguaymanto	Cantidad: 250g
S-2515	GMZ05	Fruta: Melocotón	Cantidad: 250g
S-2516	MH01	Fruta: Manzana	Cantidad: 250g
S-2517	MH02	Fruta: Pera	Cantidad: 250g
S-2518	MH03	Fruta: Fresa	Cantidad: 250g
S-2519	MH04	Fruta: Aguaymanto	Cantidad: 250g
S-2520	MH05	Fruta: Melocotón	Cantidad: 250g
S-2521	M3R01	Fruta: Manzana	Cantidad: 250g
S-2522	M3R02	Fruta: Pera	Cantidad: 250g
S-2523	M3R03	Fruta: Fresa	Cantidad: 250g
S-2524	M3R04	Fruta: Aguaymanto	Cantidad: 250g
S-2525	M3R05	Fruta: Melocotón	Cantidad: 250g
S-2526	MSR01	Fruta: Manzana	Cantidad: 250g
S-2527	MSR02	Fruta: Pera	Cantidad: 250g
S-2528	MSR03	Fruta: Fresa	Cantidad: 250g
S-2529	MSR04	Fruta: Aguaymanto	Cantidad: 250g
S-2530	MSR05	Fruta: Melocotón	Cantidad: 250g

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.



DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIAGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337

**6. RESULTADOS**

**TABLA N° 3: RESULTADOS OBTENIDOS**

Código de Laboratorio	Código de Cliente	Tipo de Muestra	Arsénico Total, mg/Kg (ppm)
S-2496	MDC01 01	Fruta: Manzana	< 0.002
S-2497	MDC01 02	Fruta: Pera	< 0.002
S-2498	MDC01 03	Fruta: Fresa	< 0.002
S-2499	MDC01 04	Fruta: Aguaymanto	< 0.002
S-2500	MDC01 05	Fruta: Melocotón	< 0.002
S-2501	MCM01	Fruta: Manzana	< 0.002
S-2502	MCM02	Fruta: Pera	< 0.002
S-2503	MCM03	Fruta: Fresa	< 0.002
S-2504	MCM04	Fruta: Aguaymanto	< 0.002
S-2505	MCM05	Fruta: Melocotón	< 0.002
S-2506	MTP01	Fruta: Manzana	< 0.002
S-2507	MTP02	Fruta: Pera	< 0.002
S-2508	MTP03	Fruta: Fresa	< 0.002
S-2509	MTP04	Fruta: Aguaymanto	< 0.002
S-2510	MTP05	Fruta: Melocotón	< 0.002
S-2511	GMZ01	Fruta: Manzana	< 0.002
S-2512	GMZ02	Fruta: Pera	< 0.002
S-2513	GMZ03	Fruta: Fresa	< 0.002
S-2514	GMZ04	Fruta: Aguaymanto	< 0.002
S-2515	GMZ05	Fruta: Melocotón	< 0.002
S-2516	MH01	Fruta: Manzana	< 0.002
S-2517	MH02	Fruta: Pera	< 0.002
S-2518	MH03	Fruta: Fresa	< 0.002
S-2519	MH04	Fruta: Aguaymanto	< 0.002
S-2520	MH05	Fruta: Melocotón	< 0.002
S-2521	M3R01	Fruta: Manzana	< 0.002
S-2522	M3R02	Fruta: Pera	< 0.002
S-2523	M3R03	Fruta: Fresa	< 0.002
S-2524	M3R04	Fruta: Aguaymanto	< 0.002
S-2525	M3R05	Fruta: Melocotón	< 0.002
S-2526	MSR01	Fruta: Manzana	< 0.002
S-2527	MSR02	Fruta: Pera	< 0.002
S-2528	MSR03	Fruta: Fresa	< 0.002
S-2529	MSR04	Fruta: Aguaymanto	< 0.002
S-2530	MSR05	Fruta: Melocotón	< 0.002

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.



**DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO**  
QUÍMICO  
CQP. 1337

**ANEXO N°1:  
VERIFICACIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO USADO (ICP-OES)**

VERIFICACIÓN OPERACIONAL  
ESPECTROFOTOMETRO ICP OPTIMA 4300DV

**ESPECTROFOTOMETRO DE EMISIÓN**  
Modelo: EL 4300-ICP OPTIMA 4300DV

Compañía: **SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS**  
Dirección: **Urb. Vipol de Naranjal, Calle 20M E, Lt 7- 0M**  
Área: **Laboratorio**  
Responsable: **Diego Vergara**  
Teléfono: **011 7218212**

Fecha de Evaluación: **18/11/2020**  
Fecha Sugerida Para Evaluación: **Mayo 2021**  
No. de Certificado: **2011181RD**

VERIFICACIÓN OPERACIONAL  
ESPECTROFOTOMETRO ICP OPTIMA 4300DV

**CONFIGURACIÓN EVALUADA**

ACCIONES Y COMPONENTES, NO SOLICITADOS en la documentación del equipo pero solicitados en la prueba.

Modelo	No. Serie	Código de Equipo
4300DV	20097211	SLAB001

Equipo de Prueba	Número de Serie
Modelo de equipo de prueba	4300DV

Elementos Utilizados	Número de Lote	Fecha de Expiración
NISS 274 Multi-element Standard	2.001.01	30/11/2021
NISS 271 Multi-element Standard	1.1000.01	30/11/2021
NISS 270 Standard	1.0000.01	30/11/2021
NISS 296 Multi-element Standard	1.0000.01	30/11/2021

Supervisado por Cliente: **Diego Vergara** Observaciones: **OK**

VERIFICACIÓN OPERACIONAL  
ESPECTROFOTOMETRO ICP OPTIMA 4300DV

No. de Certificado: **2011181RD** FECHA DE EVALUACIÓN: **18 de Noviembre de 2020**

**1. RESOLUCIÓN**

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
Ca 100.000 mg/L	0.001	0.0005	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.005	0.0005	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.010	0.0005	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.050	0.0005	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.100	0.0005	Pasar

**2. PRECISIÓN**

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
Ca 100.000 mg/L	0.10%	0.07	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.20%	0.15	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.30%	0.21	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.40%	0.28	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.50%	0.35	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.60%	0.42	Pasar

**3. SENSIBILIDAD (LOD)**

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
Ca 100.000 mg/L	0.001 mg/L	0.0005	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.002 mg/L	0.0005	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.005 mg/L	0.0005	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.010 mg/L	0.0005	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.020 mg/L	0.0005	Pasar
Ca 100.000 mg/L	0.050 mg/L	0.0005	Pasar

VERIFICACIÓN OPERACIONAL  
ESPECTROFOTOMETRO ICP OPTIMA 4300DV

No. de Certificado: **2011181RD** FECHA DE EVALUACIÓN: **18 de Noviembre de 2020**

**4. CALIBRACIÓN DE LA LINEAS DE FONDO**

CONCENTRACIONES EN mg/L		CONCENTRACIONES EN mg/L	
1. 0.0000	0.00	1. 0.0000	0.00
2. 0.0002	0.00	2. 0.0002	0.00
3. 0.0004	0.00	3. 0.0004	0.00
4. 0.0006	0.00	4. 0.0006	0.00
5. 0.0008	0.00	5. 0.0008	0.00

Observación: **Tras la revisión posterior a la verificación**

Este documento es una CONSTANCIA que el laboratorio ICP OPTIMA 4300DV del número de serie 20097211

El Cliente: **SLAB S.A.C.**

REPRESENTANTE EMPRESA NARANJAL

*Diego Vergara*  
**DIEGO ROMANO VERGARA CARRICO**  
QUÍMICO  
CQP- 1337

**ANEXO N°2:  
CONDICIONES DE ANÁLISIS**

- Método estándar utilizado: EPA 6010C ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN PLASMA-ATÓMICA INDUCTIVAMENTE ACOPLADA, EPA 3052 DIGESIÓ N ÁCIDA ASISTIDA POR MICROONDAS DE SILÍCEOS Y MATRICES DE BASE ORGÁNICA.
- Tipo de digestión: Microondas cerrado.
- Mezcla de digestión:  $H_2O_2$ ,  $HNO_3$ .
- Temperatura de digestión: 180 grados centígrados durante media hora.

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.



**DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO**  
QUÍMICO  
CQP. 1337

