



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y**  
**ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y**  
**ZOOTECNIA**



**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA Y CONCENTRACIÓN DE**  
**ARSÉNICO EN HÍGADOS DE POLLO EXPENDIDOS EN**  
**DIFERENTES CENTROS DE ABASTO DE LA CIUDAD DE**  
**JULIACA 2023**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JOSÉ CARLOS CALLO CHAYÑA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



NOMBRE DEL TRABAJO

**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA Y C  
ONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN HÍGA  
DOS DE POLLO EXPENDIDOS EN DIFERE  
NT**

AUTOR

**JOSÉ CARLOS CALLO CHAYÑA**

RECuento DE PALABRAS

**13528 Words**

RECuento DE CARACTERES

**72891 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**78 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**8.3MB**

FECHA DE ENTREGA

**Aug 2, 2024 10:11 AM EST**

FECHA DEL INFORME

**Aug 2, 2024 10:13 AM EST**

● **9% de similitud general**

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

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

  
M.Sc. M.V.Z. Celsa Zapata Coaco  
CMVP N° 4405  
DOCENTE

  
Dr. Pedro Ubaldo Colla Añasco  
CMVP:2842

Resumen



## DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mi padre Héctor por confiar en mí y apoyar siempre mis decisiones, sin él no hubiera sido posible nada de esto, a mi madre Ubalina en el cielo que siempre nos cuida y protege, a mis hermanas Rocío, Jesusa, mi sobrino Ibrahin, quienes siempre están en los mejores y peores momentos, y para todos mis familiares y amigos quienes son muy importantes en mi vida.

**José Carlos Callo Chayña**



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, especialmente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por ser base fundamental de todo el aprendizaje adquirido durante estos años de estudios universitarios.

A mi asesor de tesis el Dr. Celso Zapata Coacalla y al Dr. Alberto Ccama Sullca quienes me orientaron con sus conocimientos y por el tiempo brindado para la elaboración de esta investigación.

A los miembros del jurado D. Sc. Máximo Melo Anccasi, Mg. Oscar Henry Espezua Flores y Mg. Renán Dilton Hañari Quispe, por las correcciones brindadas durante la elaboración del presente trabajo.

A los docentes quienes formaron parte de esta formación, agradezco por compartir su sabiduría y dedicar tiempo a esta noble profesión. Su paciencia y compromiso son esenciales en el desarrollo de más profesionales.

**José Carlos Callo Chayña**



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

**ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 12**

**ABSTRACT ..... 13**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 17**

1.1.1. Objetivo general ..... 17

1.1.2. Objetivos específicos ..... 17

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES ..... 18**

2.1.1. Antecedentes internacionales ..... 18

2.1.2. Antecedentes nacionales ..... 20

**2.2. MARCO TEÓRICO ..... 23**

2.2.1. Arsénico ..... 23

2.2.2. Toxicidad del arsénico ..... 24

2.2.3. Efectos del As en la salud humana ..... 25



2.2.4. Ingesta de Arsénico a través de los alimentos de origen animal.....	29
2.2.5. Toxicocinética del arsénico .....	32
2.2.6. Acumulación del arsénico en hígado de pollo.....	33
2.2.7. CODEX Alimentarius.....	36

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. LUGAR DE ESTUDIO.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>37</b>
<b>3.3. MATERIALES.....</b>	<b>38</b>
3.3.1. Materiales para la toma de muestras.....	38
3.3.2. Material biológico.....	39
3.3.3. Reactivos y estándares .....	39
3.3.4. Condiciones espectrofotométricas .....	39
3.3.5. Equipos .....	40
<b>3.4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>40</b>
3.4.1. Toma de muestras .....	40
3.4.2. Procedimiento operatorio .....	41
3.4.2.1. Preparación de curva de calibración .....	41
3.4.2.2. Preparación de las muestras .....	41
3.4.2.3. Procedimiento de lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica.....	42
<b>3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO.....</b>	<b>43</b>

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN



<b>4.1. PRESENCIA DE ARSENICO EN HIGADOS DE POLLO EXPENDIDO EN DIFERENTES CENTROS DE ABASTO DE LA CIUDAD DE JULIACA</b>	<b>44</b>
<b>4.2. CONCENTRACIÓN DE ARSENICO EN HIGADOS DE POLLO EXPENDIDO EN DIFERENTES CENTROS DE ABASTO DE LA CIUDAD DE JULIACA .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3. CALIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN HÍGADOS DE POLLO ENCONTRADOS EN COMPARACIÓN CON LOS LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS POR EL CODEX ALIMENTARIUS. ....</b>	<b>53</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>65</b>

**Área: Salud Pública.**

**Tema: Arsénico en hígado de Pollo.**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 23 de agosto del 2024.**



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Porcentaje de Presencia de Arsénico en hígados de pollo de diferentes centros de abasto de la ciudad de Juliaca .....	44
<b>Tabla 2</b> Número, lugar de toma de muestra, valor más bajo, valor más alto y concentración promedio de Arsénico.....	47
<b>Tabla 3</b> Medidas descriptivas de las concentraciones de arsénico en hígados de pollo en mercados de la ciudad de Juliaca en 2023.....	48
<b>Tabla 4</b> Número, lugar de procedencia, concentración de arsénico y categoría para la calificación de los límites máximos permitidos de arsénico en hígados de pollo .....	54





## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Concentración de As en las 30 muestras de hígado de pollo. ....	48
<b>Figura 2</b> Concentración de As, promedio, límite máximo permitido y óptimo. ....	54
<b>Figura 3</b> Laboratorio CICOTOX. ....	66
<b>Figura 4</b> Pesaje de muestras de hígado de pollo. ....	66
<b>Figura 5</b> Secado de muestras en plancha de calentamiento.....	67
<b>Figura 6</b> Muestras secas .....	67
<b>Figura 7</b> Acidificación de muestras (Adición de ácido clorhídrico) .....	68
<b>Figura 8</b> Filtración de muestras. ....	68
<b>Figura 9</b> Lectura de muestras en Espectrofotómetro de absorción atómica. ....	69



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1</b> Análisis estadístico con la prueba de t student para una muestra, con los resultados de concentración de arsénico en el hígado de pollo en Juliaca... 65	65
<b>ANEXO 2</b> Imágenes del procesamiento y análisis. .... 66	66
<b>ANEXO 3</b> Resultados emitidos por el laboratorio CICOTOX. .... 70	70
<b>ANEXO 4</b> Codificación, lugar de donde se tomó las muestras y concentración de arsénico. .... 72	72
<b>ANEXO 5</b> Codificación, procedencia y peso de cada muestra de hígado de pollo analizada en el laboratorio CICOTOX..... 73	73
<b>ANEXO 6</b> Procedimiento operatorio de la determinación de concentración de arsénico en hígados de pollo. .... 74	74
<b>ANEXO 7</b> Carta de responsabilidad para el transporte aéreo de muestras de hígado de pollo. .... 75	75
<b>ANEXO 9</b> Declaración Jurada de Autenticación de tesis..... 77	77
<b>ANEXO 10</b> Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional. .... 78	78



## ACRÓNIMOS

AC	Alimentación Complementaria.
As	Arsénico.
CENAMA	Censo Nacional de Mercados de Abasto.
CICOTOX	Centro de información, control toxicológico y apoyo a la gestión ambiental.
CIIC	Centro Internacional de Investigaciones sobre el cáncer.
CODEX Alimentarius	Colección de normas, directrices y códigos de prácticas internacionales para los alimentos.
DIRESA	Dirección regional de Salud.
ETA	Enfermedades Transmitidas por Alimentos.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
FDA	Administración de Alimentos y Medicamentos.
LMP	Límite máximo permisible.
MINSA	Ministerio de Salud.



## RESUMEN

La contaminación por metales pesados es un problema a nivel global, ya que estos metales no se descomponen de manera natural y tienden a acumularse en los tejidos y subproductos de los animales, este proceso de acumulación en cadena representa un riesgo significativo para la salud humana, dentro de ellos tenemos al arsénico. El objetivo de la presente investigación fue determinar la presencia y concentración de arsénico en hígados de pollo expendidos en diferentes centros de abasto de la ciudad de Juliaca en el año 2023. Para ello se recolectó un total de 30 muestras de hígados de pollo en 10 centros de abasto que proveen estos alimentos a la población de Juliaca. La determinación de la presencia y concentración de arsénico, se realizó en el Centro de Información y Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en Lima. Las muestras fueron analizadas utilizando el método de espectrofotometría de absorción atómica con generación de hidruros. Como resultado, se obtuvo que las muestras analizadas tienen una concentración promedio de 0.10 mg/Kg, teniendo como valor máximo 0.23 mg/Kg y como valor mínimo 0.03 mg/Kg. Se concluye que los hígados de pollo comercializados en Juliaca, poseen una concentración de arsénico por debajo de los límites permisibles según el CODEX Alimentarius (0.5 mg/Kg) y no representan un riesgo según los estándares internacionales.

**Palabras clave:** Arsénico, Concentración, Hígado, Pollo, Presencia.



## ABSTRACT

Heavy metal contamination is a global problem because these metals do not decompose naturally and tend to accumulate in the tissues and by-products of animals. This chain accumulation process poses a significant risk to human health, with arsenic being one of these metals. The objective of this research was to determine the presence and concentration of arsenic in chicken livers sold at various markets in the city of Juliaca in 2023. To achieve this, a total of 30 chicken liver samples were collected from 10 markets supplying these foods to the population of Juliaca. The determination of arsenic presence and concentration was carried out at the Toxicology Information and Control Center and Environmental Management Support of the National University of San Marcos in Lima. The samples were analyzed using atomic absorption spectrophotometry with hydride generation. As a result, it was found that the analyzed samples had an average concentration of 0.10 mg/Kg, with a maximum value of 0.23 mg/Kg and a minimum value of 0.03 mg/Kg. It is concluded that the chicken livers marketed in Juliaca have an arsenic concentration below the permissible limits according to CODEX Alimentarius (0.5 mg/Kg) and do not pose a risk according to international standards.

**Keywords:** Arsenic, Concentration, Liver, Chicken, Presence.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El arsénico cuyo símbolo químico es As, es un elemento químico conocido por sus efectos tóxicos y su impacto potencial en la salud humana, tales como el cáncer, problemas cardiovasculares, problemas en la piel, efectos neurológicos, trastornos gastrointestinales, efectos en el sistema respiratorio, efectos en el sistema inmunológico, estos efectos varían según la dosis y la duración de la exposición al arsénico (Medina *et al.*, 2018). Este metal pesado se encuentra en el medio ambiente en diversas formas, tanto orgánicas como inorgánicas, y puede ser introducido en la cadena alimentaria a través de diversas fuentes, incluidos los alimentos y el agua potable (Madal y Suzuki, 2002). En la industria avícola, el uso de compuestos que contienen arsénico, como el roxarsone y el ácido arsanílico, ha sido común para promover el crecimiento y controlar enfermedades en las aves (Nachman *et al.*, 2013). Sin embargo, la acumulación de arsénico en los tejidos animales y su potencial impacto en la salud pública han suscitado preocupaciones significativas.

A pesar de las regulaciones en algunos países, el uso de arsénico en la producción avícola continúa en varias regiones del mundo. La ciudad de Juliaca, ubicada en el sur de Perú, es un importante centro de distribución de carne y vísceras de pollo, y es crucial evaluar si los niveles de arsénico en hígados disponibles para el consumo cumplen con los estándares de seguridad alimentaria, si bien es cierto, se cuenta con estudios sobre la presencia de arsénico en agua en pozos artesanales y en las cuales se llega a la conclusión que los niveles de arsénico en pozos superan los límites máximos permisibles según normas técnicas (Quispe, 2022), en el caso de los alimentos no se cuenta aún con estudios



de este tipo y el problema radica en la falta de datos sobre la concentración de arsénico en hígado de pollo en esta región y cómo estos niveles podrían afectar la salud pública.

Los efectos que estos elementos tienen sobre la salud del ser humano dependen de la naturaleza del compuesto, la ruta de exposición, la dosis de exposición y el tiempo de exposición. Las formas en que se puede estar expuesto incluyen respirar humos o aire contaminado, consumir alimentos o agua contaminados, tomar medicamentos, o entrar en contacto directo con la piel (Agencia de Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

Este estudio es relevante por varias razones. Primero, proporciona información crucial sobre los niveles actuales de arsénico en hígado de pollo consumido por la población local, contribuyendo a una comprensión más clara del riesgo potencial asociado con la exposición al arsénico a través de la dieta. En segundo lugar, los hallazgos son una fuente de información para los reguladores, productores y entidades de salud, sobre la necesidad de ajustar las prácticas de producción y control para garantizar la seguridad alimentaria.

Finalmente, la investigación contribuirá al cuerpo de conocimientos sobre la presencia de arsénico en productos alimenticios en contextos regionales específicos, lo que puede ser útil para la implementación de políticas y medidas de prevención adecuadas, las cuales se basan en la regulación de las normativas, monitoreo, control de alimentos, control de piensos, control de medicación, prácticas de producción, capacitación del personal y educación a los consumidores, investigación continua, acciones correctivas y sanciones a los productores y distribuidores que no cumplan con las normativas establecidas para el control del arsénico.



Dada esta información y ante el aumento significativo del consumo de carne de pollo y sus vísceras, se realizó esta investigación para ver si los niveles de arsénico en el hígado de pollo vendido en los mercados de la Ciudad de Juliaca cumplen con los estándares máximos permitidos de tal tóxico y garantizan la seguridad alimentaria según las normativas de salud.





## **1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1. Objetivo general**

- Determinar la presencia y concentración de arsénico en hígados de pollo expendidos en diferentes centros de abasto de la ciudad de Juliaca 2023.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Identificar la presencia de arsénico en hígados de pollo expendidos en los centros de abasto de la ciudad de Juliaca.
- Valorar la concentración de arsénico total en hígados de pollo expendidos en los centros de abasto de la ciudad de Juliaca.
- Calificar si la concentración de arsénico en hígados de pollo expendidos en los centros de abasto de la ciudad de Juliaca se encuentra dentro de los límites máximos permisibles del CODEX alimentarius.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Zhao (2020), investigó la concentración de arsénico en carne de pollo en diez ciudades de China y encontró que la media geométrica del arsénico total en 249 muestras crudas y cocinadas fue de 4,85  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y 7,27  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , respectivamente. En más del 90% de 81 muestras pareadas se detectaron ácido arsenioso (ASA) y roxarsone (ROX), lo que indica un uso común de compuestos organoarsénicales. ASA contribuyó en promedio con el 45% del arsénico total en las muestras cocidas, seguido de As (V), DMA, As (III) y ROX. Se observó una variabilidad geográfica significativa en los niveles de arsénico inorgánico (iAs), siendo más altos en ciudades con mayores niveles de ROX y ASA. La exposición dietética a iAs podría aumentar el riesgo de cáncer de vejiga y pulmón en un estimado de 3,2 casos por cada 100,000 adultos. Los resultados sugieren la necesidad de eliminar los organoarsenicales de la producción avícola en China y en los mercados globales.

Hu *et al.* (2017), en China encontraron que los hígados de pollo tenían contenidos mucho más altos de arsénico total en comparación con los tejidos musculares (pechuga y muslo), y el músculo de pollo de los mercados urbanos contenía niveles de arsénico mucho más altos que los de los mercados rurales y tuvo como conclusiones que existe riesgo incremental de cáncer (cáncer de vejiga y pulmón) debido a la exposición dietética al arsénico contenido en productos de



carne de pollo en los mercados locales estaba por encima del nivel grave o prioritario (10– 4) para el 70% y el 30% de la población adulta de Guangzhou y Lianzhou, respectivamente y finalmente, sus hallazgos muestran la gran necesidad de eliminar gradualmente el uso de aditivos alimentarios a base de arsénico en China.

Alkmim *et al.* (2014), encontraron que, en aves de corral, se hubo residuos de arsénico en el 53,6% de las muestras de hígado, aunque ningún resultado ha superado el LMR. En los riñones, el 39,7% de las muestras mostraron residuos mensurables y no se violaron los límites. analizaron un total de 1031 de aves provenientes de mataderos brasileños.

Nachman *et al.* (2013), encontraron que la media geométrica del arsénico en muestras de tejido muscular de pollo cocido fue de 3,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . En las muestras cocidas analizadas ( $n=78$ ), las concentraciones de arsénico inorgánico fueron mayores en las muestras convencionales ( $\text{GM} = 1,8 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) en comparación con las muestras libres de antibióticos ( $\text{GM} = 0,7 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) y orgánicas ( $\text{GM} = 0,6 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). La roxarsone se detectó en 20 de 40 muestras convencionales, en 1 de 13 muestras libres de antibióticos y en ninguna de las 25 muestras orgánicas. Las muestras con roxarsone presentaron concentraciones de arsénico inorgánico significativamente más altas ( $\text{GM} = 2,3 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) que las muestras sin roxarsone ( $\text{GM} = 0,8 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). La cocción incrementó las concentraciones de arsénico inorgánico y redujo las de roxarsone. Los consumidores de pollo convencional podrían ingerir 0,11  $\mu\text{g}/\text{día}$  de arsénico inorgánico (en 82 gramos de pollo), lo que, a lo largo de la vida y con un factor de riesgo de cáncer de 25,7 por  $\text{mg}/\text{kg}$  de peso corporal por día, podría resultar en 3,7 casos adicionales de cáncer de vejiga y pulmón por cada 100,000 personas expuestas. Se concluyó que la carne de pollo



convencional tiene mayores niveles de arsénico inorgánico en comparación con las muestras orgánicas y libres de antibióticos, y que la eliminación de arsenicales podría reducir la exposición al arsénico y los riesgos asociados. Además, el arsénico en la carne de pollo orgánica podría provenir de otras fuentes como el agua potable.

Naula (2012), tuvo como resultados que el contenido de arsénico en balanceados, gallinazas y vísceras de pollo en Quito sobrepasa a los límites aprobados por Organizaciones de Salud y entidades internacionales, la cantidad de arsénico presente en los alimentos balanceados para el crecimiento de pollos varía entre 15 y 65 partes por millón (ppm) de arsénico por kilogramo de alimento balanceado (base seca). Se concluye que hay una alta concentración de arsénico en estos alimentos. En la gallinaza, se encontró que la mayor concentración de arsénico está en la gallinaza de codorniz (63 ppm) y en la que se comercializa como abono para suelos (49 ppm), esta concentración podría representar un riesgo potencial. En a las vísceras, tanto los hígados como las mollejas superan el límite de concentración de arsénico establecido por la FDA (0.5 ppm de arsénico para huevos y tejidos de pollos y aves), su consumo podría ser peligroso. Se encontraron concentraciones de 51.76 ppm de arsénico en hígados (base seca) y 50.86 ppm de arsénico en mollejas (Toxicidad Crónica de Organismos) y estos valores incrementan al ser calculados en base seca.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Santisteban (2021), tuvo como resultados en su estudio en mercados en Lima que las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en partes por millón (ppm) exceden los límites máximos permitidos. El alimento



balanceado también mostró altas concentraciones de estos. Se realizaron análisis mediante técnicas como Absorción Atómica (AA), Plasma Acoplado Inductivamente (ICP), y ICP óptico, los cuales revelaron resultados que superan los límites máximos establecidos por la normativa de la Unión Europea (UE). Se concluyó que los centros de producción formales venden huevos de codorniz con una concentración más elevada de metales pesados estudiados en comparación con los centros de producción informales. Se recomienda consumir la clara o albúmina en lugar de las yemas, y se encontró que los piensos producidos por empresas formales presentan una mayor concentración de metales pesados, siendo la fuente de estos elementos para las codornices y, por ende, para sus productos como los huevos de codorniz.

Espinoza y Suarez (2015), en su estudio realizado en el mercado de Caquetá, San Martín de Porres en Lima, Perú, encontraron que la concentración promedio de arsénico en hígados de pollo fue de 0.858 mg/kg, superando el límite máximo permitido. Además, se detectó que en 7 de las 30 muestras analizadas (23%), las concentraciones de arsénico excedían el límite permitido por las entidades de salud. Se concluyó que las muestras analizadas contenían metales pesados, lo cual representa un riesgo potencial para los consumidores y puede ocasionar daños a la salud pública.

Ñacha y Aguilar (2015), tuvieron como resultados en su investigación en el Mercado Ciudad de Dios, San Juan de Miraflores Lima, que el arsénico mostró un promedio de 1.2521 mg/kg, con valores mínimos y máximos de 0.28 mg/kg y 2.66 mg/kg respectivamente. Se concluyó que estos resultados obtenidos en la investigación indican que las muestras de hígado de ganado bovino exceden los límites máximos permitidos para arsénico, según lo establecido por la Unión



Europea y el Reglamento Técnico de Mercosur. Además, se determinó que las muestras contienen metales pesados, lo cual representa un riesgo para los consumidores y puede causar daños a la salud pública.

Sinche (2023), en su estudio en el año 2020, realizado en San Martín de Porres en el Mercado Caquetá Lima, cuantificó la concentración de arsénico en carne de pollo, obtuvo como resultados que la media de la concentración del arsénico fue de 0.0006 mg/kg, valor mínimo 0.0001 mg/kg, valor máximo 0.0027 mg/kg, y concluyó diciendo que, en las muestras de carne de pechuga de pollo analizadas, los niveles de arsénico se encuentran dentro de los límites aceptados según las normativas del MERCOSUR.

Cory (2023), tuvo como resultados en un estudio a productores avícolas de Tacna, que los hígados de pollo mostraron una concentración promedio de arsénico de 5.61 mg/kg, realizado en 40 muestras, lo cual excede el valor de referencia establecido por el CODEX Alimentarius. Se concluyó que factores como el tipo de agua que consumen los animales, tratamientos por enfermedades, alimentos para crecimiento y engorde, uso de antimicrobianos y la frecuencia de limpieza de los galpones son factores de exposición importantes asociados con los niveles elevados de arsénico encontrados en las muestras de hígados de pollo.

Salvador y Velasquez (2023), encontraron en su investigación realizada en el distrito de Ventanilla Lima, que las concentraciones de arsénico y plomo en muestras de alimento e hígado de pollo fueron inferiores a 0.10 mg/kg, mientras que las concentraciones de cadmio fueron menores a 0.05 mg/kg. En cuanto a las muestras de agua, las concentraciones de arsénico y plomo fueron inferiores a 0.002 mg/L y las de cadmio fueron menores a 0.001 mg/L. En conclusión, los



niveles de arsénico, cadmio y plomo en el alimento, agua y hígado de pollo se encuentran dentro de los límites permitidos según la Unión Europea, el CODEX Alimentarius y el Reglamento Técnico de MERCOSUR. Esto sugiere que no hay bioacumulación en el hígado de pollo, lo que los hace adecuados para el consumo humano al no representar un riesgo para la salud.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Arsénico**

Es un elemento químico con el símbolo As y número atómico 33, ampliamente distribuido en varias partes de la corteza terrestre. Químicamente, el arsénico ha sido clasificado como un metaloide debido a que posee propiedades tanto de metal como de no metal, aunque comúnmente se le considera como un metal. En el ambiente, el arsénico generalmente se encuentra combinado con otros elementos como oxígeno, cloro y azufre, formando lo que se conoce como arsénico inorgánico. Cuando se une a carbono e hidrógeno, se denomina arsénico orgánico (Agencia de Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

Este metal pesado puede hallarse en el agua, el aire y el suelo debido a diversos fenómenos naturales como erupciones volcánicas, incendios forestales y la erosión de minerales (ELIKA, 2021). También se libera al medio ambiente durante actividades agrícolas e industriales, procesos mineros, metalúrgicos y la generación de energía mediante combustibles fósiles como el carbón (INCINS, 2015).

El arsénico, proveniente principalmente de actividades industriales, se deposita en el suelo y el agua. Es acumulado por animales terrestres y acuáticos, así como por vegetales. De esta manera, puede llegar al ser humano, que se



encuentra en el último eslabón de la cadena alimentaria, al consumir alimentos contaminados con este metaloide (ELIKA, 2021).

La exposición al arsénico en los humanos puede ocurrir a través de dos formas químicas distintas. El arsénico inorgánico (iAs) es considerado el más tóxico entre todas las especies de arsénico y se encuentra en el medio ambiente en diversas concentraciones, se forma al combinarse con oxígeno, cloro o sulfuro, y puede encontrarse en aguas superficiales y subterráneas, plaguicidas con arsénico, residuos industriales de distintos tipos, desechos de minería, así como en materiales naturales como suelos y rocas. Por otro lado, el arsénico orgánico (oAs) consiste en compuestos de arsénico combinados con carbono e hidrógeno, con una toxicidad más baja, estos compuestos están presentes en animales, plantas, peces y mariscos, y pueden encontrarse en diversas concentraciones (INCINS, 2015).

### **2.2.2. Toxicidad del arsénico**

La toxicidad por arsénico es un problema de salud mundial que afecta a millones de personas y ocurre cuando un individuo está expuesto al arsénico. La exposición a cantidades tóxicas puede provocar intoxicación, la cual puede ocurrir debido a circunstancias como:

- Beber agua que contiene niveles elevados de arsénico.
- Consumir alimentos que contienen niveles de arsénico por encima de lo seguro.
- Respirar aire contaminado con arsénico.
- Habitar en lugares naturalmente contaminados con arsénico.
- Trabajar en lugares con exposición al arsénico.





Los niños son más vulnerables al arsénico y a sus efectos perjudiciales en comparación con los adultos. Además, hay pruebas que indican que las mujeres embarazadas y los fetos también pueden ser afectados por la exposición al arsénico, la exposición al arsénico durante la vida fetal se ha relacionado con un mayor riesgo de mortalidad neonatal, menor tamaño al nacer, mayor riesgo de síntomas respiratorios e infecciones durante la infancia, estudios han evaluado la relación entre la exposición prenatal al arsénico y la función neuropsicológica en la infancia y los resultados son heterogéneos los resultados de estas investigaciones sugieren que la exposición prenatal al arsénico se asocia con una menor cognición general, función ejecutiva y memoria de trabajo a los 5 años de edad. Además, una menor eficiencia de metilación del arsénico se asocia con puntuaciones de memoria más bajas (Soler-Blasco *et al.*, 2022).

En adultos humanos, la cantidad de arsénico inorgánico considerada tóxica es de aproximadamente 0,5 mg/Kg, y la dosis potencialmente mortal varía entre 2 y 3 mg/Kg. Sin embargo, existe una notable variabilidad individual en la respuesta a estas dosis. La dosis letal para los seres humanos varía entre 1,5 mg/Kg en el caso del trióxido de diarsénico y 500 mg/Kg de peso corporal para el ácido dimetilarsínico (Suárez, 2004).

### **2.2.3. Efectos del As en la salud humana**

El arsénico afecta a prácticamente todos los aparatos y sistemas del cuerpo humano, ya que interfiere con reacciones enzimáticas de amplia distribución. La exposición continua al arsénico se puede manifestar sobre todo en la piel, siendo este el efecto más notorio (Agencia de Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).



Los efectos en la salud de las personas debido a la exposición a este metaloide varían según varios factores, como la cantidad y la duración de la exposición, el tipo de exposición experimentada, la presencia de otras sustancias químicas, y las características individuales y los hábitos de cada persona (Agencia de Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

**Efectos agudos:** La intoxicación aguda por arsénico tiene signos como vómitos, diarrea y síntomas como el dolor abdominal. Posteriormente, pueden aparecer síntomas como sensación de adormecimiento en manos y pies, calambres musculares y, en ocasiones, puede llevar incluso a la muerte (Tolins *et al.*, 2014).

**Efectos crónicos:** Tienen como primer efecto lesiones en la piel siendo estas de un carácter no maligno. Luego de años de exposición a este metaloide, se manifiestan áreas de hiperpigmentación intercaladas con áreas pequeñas de hipopigmentación en el tronco y cuello, posteriormente hiperqueratosis de palmas y plantas, y queratosis generalizada (Tolins *et al.*, 2014).

Las alteraciones en la pigmentación suelen observarse con frecuencia en zonas como la cara, el cuello y la espalda. El oscurecimiento de la piel (Hiperpigmentación) es un marcador sensible para evaluar la exposición al arsénico, aunque no todos los individuos expuestos muestran este efecto, lo que sugiere posibles diferencias genéticas y en la susceptibilidad. Después de aproximadamente cinco años de exposición, esto puede llevar al desarrollo de cáncer de piel. Otros efectos a largo plazo del arsénico incluyen cáncer de vejiga y cáncer de pulmón (Medina *et al.*, 2018). Una ampliación del hígado se observó en el 76,6% de las personas que consumieron agua contaminada. Los análisis de biopsias hepáticas revelaron diversos grados de fibrosis y expansión de la zona



portal, indicativa de fibrosis portal no cirrótica. Además, la exposición al arsénico afecta el desarrollo, causa neurotoxicidad y aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes y enfermedades pulmonares (Medina *et al.*, 2018).

El arsénico también está vinculado a resultados adversos durante el embarazo y a una mayor mortalidad infantil. Impacta negativamente en la salud de los niños, y hay evidencia que sugiere que puede tener efectos adversos en el desarrollo cognitivo (Quansah *et al.*, 2015).

**Exposición prolongada al Arsénico:** Según Medina *et al.* (2018), la exposición prolongada a este agente puede causar efectos adversos en múltiples órganos y sistemas del cuerpo humano como:

- **Piel:** Melanosis, queratosis y cambios en la pigmentación.
- **Sistema Nervioso:** Neuropatías, encefalopatías, trastornos del aprendizaje, deterioro motor y riesgos de Alzheimer.
- **Sistema Inmunológico:** Inhibición o proliferación anormal de células inmunitarias, induciendo enfermedades autoinmunes.
- **Sistema Cardiovascular:** Lesiones cardíacas graves y daño vascular.
- **Sistema Renal:** Citotoxicidad, proteinuria, oliguria, disfunción renal, y riesgo de cáncer de riñón y vejiga.
- **Sistema Hematopoyético:** Anemia hemolítica, leucopenia, trombocitopenia y mayor riesgo de cáncer.
- **Sistema Reprodutor:** Infertilidad, disfunción gonadal y riesgo de cáncer de próstata.
- **Exposición Prenatal:** Retraso en el crecimiento, malformaciones congénitas y mortalidad fetal.



- **Sistema Respiratorio:** Disfunción pulmonar, mayor riesgo de enfermedades respiratorias y cáncer de pulmón.
- **Sistema Hepático:** Hepatotoxicidad, ascitis, fibrosis hepática, fibrosis portal no cirrótica, cirrosis y cáncer hepático.
- **Sistema Endocrino:** Diabetes Mellitus Tipo 2 y riesgo de cáncer de páncreas.
- **Sistema Muscular:** Debilidad muscular y disminución progresiva en la movilidad funcional.

**Principales procesos moleculares y celulares involucrados con la toxicidad del Arsénico:** Influye en diversos procesos moleculares y celulares tales como la interferencia en múltiples sistemas enzimáticos, afectando la unión a los grupos sulfhidrilo (proteínas, glucación, disteína) y repercutiendo en enzimas clave de la respiración celular, gluconeogénesis, captación de glucosa y metabolismo del glucación. El arseniato ( $As^{(+5)}$ ) se transforma en arsenito ( $As^{(+3)}$ ) in vivo, ejerciendo un efecto directo sobre el desacoplamiento de la fosforilación oxidativa. También se observa expresión alterada de factores de crecimiento, supresión de proteínas reguladoras del ciclo celular, promoción de la resistencia a la apoptosis, y presencia de aberraciones y anomalías cromosómicas. Además, el arsénico muestra genotoxicidad y causa daño al ADN, inhibiendo la reparación del mismo y favoreciendo mutaciones. Activación de vías oncogénicas, alteraciones en la regulación epigenética del ADN, metilación del ADN, expresión de micro ARN y modificaciones en las histonas también son consecuencias observadas. El arsénico contribuye a la disminución de la inmunovigilancia, induce estrés oxidativo y afecta la estructura y función de las mitocondrias (Medina *et al.*, 2018).



#### 2.2.4. Ingesta de Arsénico a través de los alimentos de origen animal

Una vez absorbido por los animales, el arsénico puede acumularse en sus tejidos, especialmente en el hígado y los riñones, pero también en los músculos y en menor medida en la leche y los huevos. La concentración de arsénico en los alimentos de origen animal depende de varios factores, como el tipo de alimento, las prácticas agrícolas y ganaderas, y las características geológicas y ambientales del área de producción (Agencia Para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, 2009).

Los pescados y mariscos son la principal fuente de arsénico en la dieta. En estos alimentos, el arsénico se encuentra normalmente en forma orgánica. Los niveles de compuestos organoarsenicales varían entre 1 y 100 mg de arsénico por kilogramo de peso húmedo. La arsenobetaina es el compuesto arsenical más común encontrado en organismos marinos. Los alimentos derivados del mar generalmente contienen bajos niveles de arsénico inorgánico, típicamente menos de 0.2 mg de arsénico inorgánico por kilogramo de peso seco, los bivalvos como los choros (*Mytilus edulis*) pueden presentar concentraciones relativamente altas, que oscilan entre 0.001 y 4.5 mg de arsénico inorgánico por kilogramo (Medina *et al.*, 2018).

Los arsenolípidos se hallan principalmente en peces grasos y derivados como aceites, entre ellos el aceite de hígado de bacalao, capelán y atún, se observa una predominancia de arsenohidrocarburos en especies de peces con un alto contenido total de arsenolípidos, como el rombo y la sardina, mientras que los arseno ácidos grasos predominan en especies con menor contenido total de arsenolípidos, como la caballa y los salmonetes (Molin *et al.*, 2015).



Un estudio llevado a cabo en España sugirió que el consumir pescado blanco en adultos y niños, así como de pescado azul en adultos, podría implicar un riesgo a padecer enfermedades neoplásicas para la población consumidora española, particularmente debido a sus niveles de arsénico. Se calculó que los productos marinos en adultos aportan aproximadamente 1,96  $\mu\text{g}$  de arsénico por kilogramo de peso corporal diario, este valor representaba el 94% de la ingesta diaria tolerable según las directrices de la FAO/OMS (2.1  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ ), sin embargo, más tarde se determinó que este valor era demasiado alto y fue eliminado de la estimación (Rodríguez-Hernandez *et al.*, 2016).

En Argentina, se determinó las concentraciones de Arsénico, en carne y vísceras de res destinados al consumo humano, como riñón, hígado, músculo esquelético y glándulas mamarias, la concentración de arsénico en riñón e hígado fueron superiores a los hallados en la carne y glándula mamaria, las concentraciones halladas en hígado y riñón fueron similares a los valores informados en Canadá, Países Bajos, Australia y Galicia en estudios previos (Pérez *et al.*, 2010).

El arsénico se puede encontrar en pollos, pavos y cerdos, por el uso de drogas que se añaden a los piensos. La roxarsona, la carbasona y el ácido p-arsanílico, fueron retirados del mercado en los EE. UU en 2013, pero la nitrasona o ácido 4-nitrofenilarsonico, se utilizó en la producción de pavos hasta el 2015 (Jackson y Punshon, 2016).

La decisión de cesar el uso de roxarsona y compuestos similares se fundamentó en un estudio que analizó las formas de arsénico presentes en el pollo, evaluando los riesgos relacionados con el cáncer de pulmón y vejiga. Se encontró



roxarsona y un derivado en la carne cruda de pollo convencional, con concentraciones más altas de este último en comparación con otros tipos de carne de pollo. Se informó que la cocción aumenta la conversión de roxarsona a arsénico inorgánico en el músculo del pollo (Nachman *et al.*, 2013). Esta observación podría servir como punto de partida para investigaciones en nuestro país que comparen las formas de arsénico en alimentos crudos y cocinados, para realizar la comparación respectiva, con especial referencia al pollo, dada su amplia demanda.

El consumo de arsénico en alimentos de origen animal es una preocupación muy importante para la salud pública debido a los efectos adversos que puede tener sobre la salud humana. Es crucial implementar medidas efectivas de monitoreo y regulación para minimizar la exposición y los riesgos asociados con el arsénico en la cadena alimentaria (Medina *et al.*, 2018).

A nivel nacional, el pollo, es una importante fuente de proteínas, y sigue siendo uno de los alimentos más consumidos por la población, el consumo per cápita de este alimento llegó a 50.3 kg por persona al año, y sigue aumentando a una tasa anual del 5.2% (Montenegro, 2019). Además, es importante destacar que el consumo de órganos o vísceras de pollo también tiene su relevancia. En Perú, se promueve el consumo de hígado de pollo debido a su alto contenido de hierro (8.5 mg de hierro por cada 100 g de hígado), recomendado para prevenir la anemia en niños, adolescentes, mujeres embarazadas y en período de lactancia. (MINSa, 2017). Según el Reporte Regional de Indicadores Sociales del departamento de Puno emitido por el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social, indica que en el año 2023 el porcentaje de niños de 6 a 36 meses con anemia es del 70.4% (MIDIS, 2024).



Además, es importante destacar que el consumo de órganos o vísceras de pollo también tiene su relevancia. En Perú, se promueve el consumo de hígado de pollo debido a su alto contenido de hierro (8.5 mg de hierro por cada 100 g de hígado), recomendado para prevenir la anemia en niños, adolescentes, mujeres embarazadas y en período de lactancia (MINSA, 2017).

### 2.2.5. Toxicocinética del arsénico

**Absorción:** La principal vía de ingreso es a través del tracto gastrointestinal mediante el consumo de drogas, alimentos y agua contaminada. Puede ser ingerido en diversos contextos y entornos, como resultado de una higiene deficiente, o al comer o fumar. El arsénico orgánico se absorbe casi por completo en el trasto gastrointestinal. También puede ser absorbido por vía inhalatoria, lo cual es frecuente en entornos industriales, acumulándose en el fondo del sistema respiratorio. También se puede absorber por vía dérmica siendo esta de menor acceso (Pinto y McGill, 1953).

**Distribución:** Las partículas de arsénico son captadas por los leucocitos en la sangre y se distribuyen por todo el cuerpo, lo que puede provocar toxicidad en varios órganos. Después de ser absorbido, el arsénico viaja a través de la sangre y se une a las proteínas globulinas. Se distribuye por varios órganos como el hígado, los pulmones, los riñones y el bazo en las primeras 2 horas, donde se une a los grupos sulfhidrilo de las proteínas. En los huesos, el arsénico compite con el fósforo y puede sustituirlo, permaneciendo allí durante varios años. En aproximadamente 30 horas, se acumula en uñas y cabello. Los niveles en diferentes secciones del cabello pueden indicar el período de exposición al arsénico (Agencia Para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, 2009).





**Metabolismo:** El proceso inicial implica reacciones de oxidación/reducción que transforman el arseniato y arsenito, seguido por reacciones de metilación que convierten el arsenito en monometilarsenato (MMA) y dimetilarsenato (DMA), ambas formas metiladas, por lo tanto el cuerpo humano tiene la habilidad de cambiar el arsénico inorgánico a formas orgánicas menos tóxicas (MMA y DMA) y esta es eliminada más rápidamente en la orina que las formas inorgánicas (Menzel *et al.*, 1994).

**Excreción:** La principal forma en que el cuerpo excreta el arsénico es a través de los riñones. Los principales metabolitos urinarios del arsénico inorgánico son el ácido monometilarsónico y el ácido dimetilarsínico. La eliminación de arsénico en la orina ocurre en un período de 3 a 5 días, siendo más lenta en comparación con otros metales tóxicos. La presencia de arsénico en la orina se conoce como arsenicuria y se expresa como gramos de creatinina en la orina durante un período de 24 horas (Ordoñez, 2017). Aproximadamente el 70% del arsénico orgánico ingerido a través de mariscos se elimina en las primeras 2 horas, sin convertirse en arsénico inorgánico o ácido dimetilarsénico. Además de la excreción renal, el arsénico también se excreta mediante la leche, el sudor y epitelios que contienen cantidades significativas de grupos sulfhidrilo (Maya *et al.*, 2010).

#### **2.2.6. Acumulación del arsénico en hígado de pollo**

Entre las aves de corral, el pollo y el pavo son particularmente preferidos por su elevado contenido proteico. De estos dos, el pollo es el más consumido (Montenegro, 2019). La industria actual de cría y producción de pollos es un



proceso que, aunque presenta riesgos para los consumidores en términos de toxicidad, es altamente rentable para la industria.

La acumulación de arsénico en el hígado de pollo se da principalmente a través de la ingesta de alimentos contaminados con arsenolípidos y otros compuestos de arsénico presentes en el ambiente, estos compuestos de arsénico pueden ser absorbidos por el tracto gastrointestinal del pollo y luego metabolizados y distribuidos en varios tejidos corporales, incluyendo el hígado (Medina *et al.*, 2018).

Las partes del animal que más acumulan Arsénico son el hígado, las piernas, los muslos, las alas y las vísceras. Esto se debe a que contienen altos niveles de queratina y son áreas donde ocurren interacciones frecuentes con medicamentos como antibióticos, antihelmínticos y vacunas, sin embargo, los residuos presentes en estas partes son principalmente el resultado de procesos metabólicos y características anatómicas naturales del animal (Ordoñez, 2017).

El proceso de acumulación en el hígado ocurre debido a que el hígado es un órgano central en el metabolismo y la detoxificación. En el caso del arsénico, una vez absorbido, se une a proteínas sulfhidriladas y se metaboliza a diferentes formas, como el ácido monometilarsónico y el ácido dimetilarsínico. Estos metabolitos pueden ser almacenados en el hígado, donde se acumulan con el tiempo debido a la capacidad limitada del cuerpo para eliminar completamente el arsénico (Medda *et al.*, 2020).

Es importante destacar que la acumulación de arsénico en el hígado no solo depende de la ingesta directa, sino también de la biodisponibilidad del arsénico en los alimentos y del tipo de compuestos de arsénico presentes en la



dieta del pollo. Además, factores como la concentración de arsénico en el medio ambiente y las prácticas agrícolas también influyen en los niveles de arsénico en el hígado de los animales (Medina *et al.*, 2018).

Bajo el sistema de producción, los pollos consumen alimentos que contienen fungicidas y pesticidas como el malatión, utilizado para preservar el grano y también para madurar, así como arsénico, que ayuda en la retención de agua en el sistema circulatorio y promueve el aumento de peso, perturbando así el metabolismo. Ambas sustancias mencionadas son conocidas por ser carcinogénicas para los seres humanos. El arsénico suele acumularse en el hígado, músculos, faneras, y en las excretas del pollo, debido a la absorción, metabolismo y almacenamiento de compuestos de arsénico presentes en la dieta y el entorno del pollo (Medda *et al.*, 2020).

La alimentación juega un papel importante en la presencia de residuos de arsénico, los alimentos balanceados (pellets) para aves de granja, contienen niveles de arsénico elevados, y estos alimentos balanceados producidos industrialmente, son usados por avicultores formales y presentan más arsénico que los alimentos caseros (Santisteban, 2021).

Los aditivos alimentarios usados en balanceados producidos industrialmente pueden contener arsénico, entre los aditivos más usados en la producción y crianza avícola destacan los organoarsenicales, los cuales son usados con el fin de acelerar el crecimiento, aumentar la absorción de nutrientes, mejorar la apariencia en pigmentación de la carne y también en la prevención de enfermedades e infecciones (Ravanal, 2018). De los organoarsenicales más usados uno de los que más destaca es la roxarsona (ácido 4- hidroxí-3-



nitrofenilarsónico), carbasona (ácido 4-carbamoilaminofenilarsónico) y nitrarsona (ácido 4-nitrofenilarsónico) (Medina *et al.*, 2018). Estos compuestos organoarsenicales se distribuyen en mayor concentración en el hígado y riñón de los pollos (Ravanal, 2018).

### **2.2.7. CODEX Alimentarius**

El CODEX Alimentarius es una colección de normas, directrices y códigos de prácticas internacionales para los alimentos, desarrollada por la Comisión del CODEX Alimentarius. Esta comisión fue establecida en 1963 por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud (FAO y OMS, 2024).

El propósito del CODEX Alimentarius es proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio de alimentos a nivel mundial. Incluye normas sobre la seguridad alimentaria, la calidad de los alimentos, el etiquetado, y otros aspectos relacionados con la producción y el comercio de alimentos. Al proporcionar un marco de referencia común, el CODEX facilita el comercio internacional y ayuda a prevenir disputas entre países en cuestiones relacionadas con los alimentos, en el caso de carnes y derivados crudos como es el hígado de pollo se establece que el límite máximo permisible es de 0.5 mg/Kg de Arsénico (FAO y OMS, 2024).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizó en 10 centros de abasto del distrito de Juliaca, geográficamente ubicada en la provincia de San Román, perteneciente al departamento de Puno, por sus coordenadas, su ubicación es de 15°29'27" latitud sur y 70°07'37" longitud oeste del Meridiano de Greenwich, con una altitud de 3825 msnm, presenta un clima frígido con escasa humedad que varía por estaciones del año, en algunas temporadas como en el mes de agosto soporta fuertes corrientes de viento y precipitaciones pluviales en verano (SENAMHI, 2023).

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio del Centro de Información y Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Ubicada en el Cercado de Lima, Jr. Puno N°1002, Jardín Botánico en el distrito de Lima (SENAMHI, 2023).

#### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

##### 3.2.1. Población

La población en este estudio consistió en hígados disponibles para la venta en los mercados y supermercados de la ciudad de Juliaca, los cuales se encuentran registrados en CENAMA (Censo Nacional de Mercados de Abasto) y dos supermercados, ya que en estos centros se realizan la comercialización de carne y vísceras de pollo, los mercados en los que se realizó el estudio fueron los siguientes:



- Mercados Santa Bárbara.
- Mercado Virgen de las Mercedes.
- Mercado Cerro Colorado.
- Mercado Manco Cápac.
- Mercado Pedro Vilcapaza.
- Mercado Túpac Amaru.
- Mercado Tambopata.
- Mercado San Luis.
- Supermercado Plaza vea.
- Supermercado Mía Market.

### **3.2.2. Muestra**

El tamaño de muestra fue estimado mediante una técnica no probabilística a conveniencia del investigador, la cual fue tomar 3 muestras por centro de abasto (Mercado: Santa Barbara, Virgen de las Mercedes, Cerro Colorado, Manco Cápac, Pedro Vilcapaza, Tupac Amaru, Tambopata, San Luis, Plaza Vea y Mía Market) haciendo un total de 30 muestras.

## **3.3. MATERIALES**

### **3.3.1. Materiales para la toma de muestras**

- Guantes de látex descartable.
- Bolsa con cierre hermético.
- Papel adhesivo Glossy (para rotulación).
- Bloques de gel refrigerante.
- Cooler de transporte de alimentos.
- Hoja de registro.



- Termómetro de refrigeración.
- Plumón indeleble negro.

### **3.3.2. Material biológico**

- Hígados de pollo.

### **3.3.3. Reactivos y estándares**

- Agua ultra pura.
- Ácido clorhídrico 35-37%.
- Borohidruro de sodio.
- Hidróxido de sodio.
- Yoduro de potasio.
- Acido ascórbico.
- Solución de patrón de arsénico de 1000 mg/L.
- Nitrato de magnesio.
- Gas argón UHP.

### **3.3.4. Condiciones espectrofotométricas**

- Longitud de onda: 193.7 nm.
- Ranura: 0.5 nm.
- Corrección de fondo: Deuterio (D2).
- Corriente de lampara: 12 Ma.
- Tiempo de lectura: 4 segundos.
- Fuente de luz: Lampara de cátodo hueco de Arsénico.
- Medida de señal: Absorbancia.
- Modo vapor: Calentamiento eléctrico.
- Temperatura: 900 °C.



- Flujo de gas argón: 200mL/min.

### **3.3.5. Equipos**

- Equipo de absorción atómica Thermo Scientific Marca y modelo THERMO SCIENTIFIC ICE 3000 equipado con generador de hidruros.
- Balanza analítica.
- Mufla eléctrica.
- Plancha de calentamiento.

## **3.4. METODOLOGÍA**

### **3.4.1. Toma de muestras**

Para la recolección y manipulación de las muestras de hígado de pollo se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las muestras fueron colectadas de día durante el expendio de carne y vísceras de Pollo.
- Se tomó un hígado completo por muestra.
- Cada hígado fue colocado en una bolsa de polietileno con cierre hermético de primer uso, rotuladas con número de muestra y peso.
- Las muestras fueron colocadas en un transportador de alimentos con gel refrigerante y controlador de temperatura para garantizar su adecuada preservación y correcta llegada al laboratorio.
- Luego fueron congeladas durante 12 horas, para su posterior transporte a la ciudad de Lima, al laboratorio CICOTOX, a una temperatura de 4 -7°C, para su posterior procesamiento y análisis.





### **3.4.2. Procedimiento operatorio**

#### **3.4.2.1. Preparación de curva de calibración**

Los estándares para la curva de calibración fueron preparados de la siguiente manera, según el protocolo del laboratorio CICOTOX:

- Se utilizó una solución stock de arsénico de 1000 ppm para preparar una solución patrón de 1000 ppb. Luego, se tomaron alícuotas de 0.25, 0.5, 1 y 2 ml de esta solución para preparar soluciones de 5, 10, 20 y 40 ppb respectivamente, en frascos de 50 ml. Luego se adicionó 5ml de ácido clorhídrico purificado y 5ml de una solución reductora que contenga yoduro de potasio 5% y ácido ascórbico 5%, se dejó en reposo por 45 minutos a temperatura ambiente y se llevó a volumen con agua ultrapura.

#### **3.4.2.2. Preparación de las muestras**

Se inició con la preparación de muestras según el protocolo del laboratorio CICOTOX de la siguiente manera:

- Se mezcló la muestra hasta que sea homogénea, se tomó una alícuota de 6 gramos y se transfirió a un Crisol.
- Se añadió 3 ml de nitrato de magnesio 50% P/V.
- Se colocó los crisoles en una estufa a 105 °C durante tres horas para secar.
- Se realizó la pre calcinación de los crisoles con las muestras en una plancha de calentamiento a 350 °C hasta completar el proceso.
- Se llevó las muestras pre calcinadas en una mufla y se calcinó a 500°C durante tres horas.



- Se enfrió y se agregó 10mL de una solución de ácido clorhídrico al 6M se calentó en la plancha termostática por 5 minutos y se transfirió cuantitativamente a una fiola de 25mL, se diluyó con agua ultrapura, agitando y dejando reposar.
- Se filtró una cantidad adecuada de la solución mediante un filtro de membrana de 0.45  $\mu$ m.
- De la solución filtrada anteriormente, se tomó 5 mL y se transfirió a una fiola de 50 mL.
- Se añadió 5 mL de ácido clorhídrico purificado y 5 mL de una solución reductora que incluya yoduro de potasio al 5% y ácido ascórbico al 5%.
- Se dejó reposando por 45 minutos a temperatura ambiente y se llevó a volumen con agua ultrapura, para finalmente leer los resultados para arsénico.

#### **3.4.2.3. Procedimiento de lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica**

Se procedió a la lectura de resultados en el espectrofotómetro según el protocolo del laboratorio CICOTOX de la siguiente manera:

- Se aspiró las soluciones: blanco, estándar y muestra por el generador de hidruros
- Se usó ácido clorhídrico al 10% como agente ácido.
- Se empleó una solución con borohidruro de sodio al 1.5% e hidróxido de sodio al 0.5% como agente reductor.
- Y se realizó la lectura de los resultados.



### 3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

Los datos de arsénico en hígados de Pollo fueron analizados mediante la prueba estadística de “t” student para una muestra, cuya fórmula es la siguiente: (Moore et al., 2020).

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Promedio de la concentración de arsénico en hígados de pollo expendido en centros de abasto de la ciudad de Juliaca.

$\mu$  = Media poblacional.

$s$  = Desviación estándar de la concentración de arsénico en hígados de pollo expendido en centros de abasto de la ciudad de Juliaca.

$n$  = Cantidad de hígados analizados que constituyen el grupo.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. PRESENCIA DE ARSÉNICO EN HÍGADOS DE POLLO EXPENDIDO EN DIFERENTES CENTROS DE ABASTO DE LA CIUDAD DE JULIACA

Luego de haber analizado las muestras mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros a continuación, presentamos los resultados obtenidos en cuanto a la presencia de arsénico en hígado de pollo.

**Tabla 1**

*Porcentaje de Presencia de Arsénico en hígados de pollo de diferentes centros de abasto de la ciudad de Juliaca.*

	Número de hígados	Porcentaje
<b>NEGATIVO</b>	0	0 %
<b>POSITIVO</b>	30	100 %
<b>TOTAL</b>	30	100 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 1 se puede observar que, de un total de 30 muestras, de las cuales las 30 resultaron positivas a la presencia de arsénico, haciendo un 100%, determinando así la presencia de arsénico en todas las muestras de hígado de pollo analizadas.

Estos hallazgos son similares con otros estudios que han abordado la presencia de arsénico en hígados de pollo y otros tejidos animales en Perú, tales como Espinoza y Suarez (2015), en Lima en el mercado de Caquetá evidenciaron que todas las muestras de hígado de pollo analizadas de un total de 30, en este caso podría deberse a que en ese mercado la mayoría de pollos provienen de crías locales y los animales podrían adquirir mediante el consumo de alimento y bebida de agua que contenga el metal, otro estudio en



Tacna por Cory (2023) encontró la presencia en la totalidad de sus resultados de un total de 40 muestras, esto se debería a que en Tacna, se han detectado niveles de arsénico por encima del valor de referencia para agua, la cual consumen las aves de este lugar, esto sumado a nuestros resultados nos indicaría que en Perú existe la presencia y bioacumulación de arsénico en hígados de Pollo, esto quizás se deba a que no se tiene un control adecuado del alimento, agua de consumo, y condiciones ambientales.

Estudios en el extranjero en China Hu *et al.* (2017) encontraron arsénico en todas las muestras de hígados de pollo, teniendo como resultado niveles más elevados de arsénico en hígado en comparación a la carne, y mayor concentración de arsénico en mercados urbanos a comparación de mercados rurales, lo cual se debería al uso de aditivos alimentarios a base de arsénico que se usa en las crianzas intensivas de aves de este país, otro estudio en China realizado por Zhao *et al.* (2020) encontraron arsénico en la totalidad de sus muestras, adicional a esto identificaron que las carnes de pollo contenían roxarsona y nitrarsona en un 90% de las muestras analizadas, y los que contenían ambos organoarsenicales también presentaban cantidades elevadas de arsénico inorgánico, en este punto también es importante conocer los grupos farmacológicos de los antibióticos que usan los productores de aves, ya que el uso de antibióticos se asocia con la presencia de arsénico en carne y vísceras de pollo, pese que nuestro estudio no analizó los grupos farmacológicos de los antibióticos usados, una explicación a esto sería que los antibióticos suelen administrarse con algunos aditivos organoarsenicales, y con esto evidenciaríamos que se trata de un problema a nivel mundial, dependiendo de las condiciones geográficas manejo y control de estas aves.

Un estudio que difiere de nuestro resultado fue presentado por Alkmim *et al.* (2014) en Brasil, donde encontraron que, en 1031 de aves de corral provenientes de distintos mataderos brasileños, hubo residuos de arsénico solo en el 53,6%, esto podría



deberse a muchos factores, tan variados como el agua de bebida del animal, el alimento balanceado, además de factores como la técnica y/o el método de análisis de los metales.

Todo esto evidenciaría según los estudios anteriores y nuestros resultados que la presencia de arsénico en hígados de pollo es un problema preocupante que requiere atención tanto a nivel regulatorio como científico. Las políticas de control de calidad de alimentos deben ser revisadas y reforzadas para garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud pública. Además los resultados de investigaciones previas muestran que es fundamental tener un control adecuado del alimento, agua de consumo, y condiciones ambientales

#### 4.2. CONCENTRACIÓN DE ARSENICO EN HIGADOS DE POLLO EXPENDIDO EN DIFERENTES CENTROS DE ABASTO DE LA CIUDAD DE JULIACA

Luego de haber analizado las muestras de hígados mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros a continuación, presentamos la tabla de resultados obtenidos en cuanto a la concentración de arsénico en hígado de pollo, en la cual se muestra la codificación de número de muestra, el centro de abasto de procedencia y la concentración de As respectivamente.

**Tabla 2**

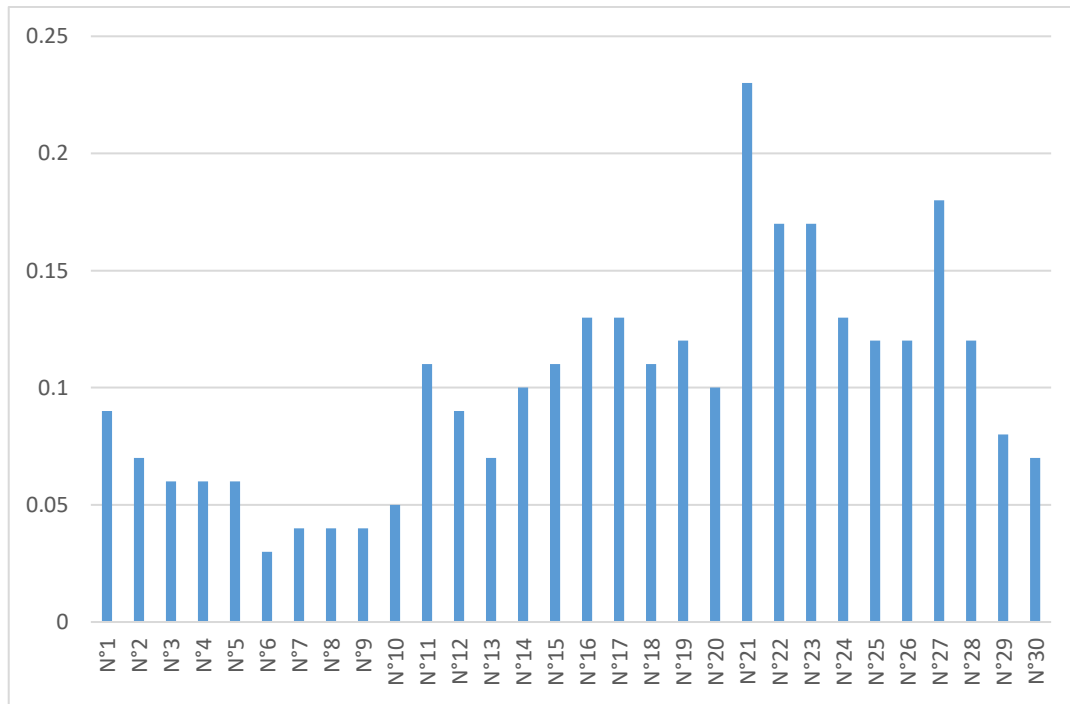
*Número, lugar de toma de muestra, valor más bajo, valor más alto y concentración promedio de Arsénico.*

N°	Lugar de toma de muestra	Valor más bajo de As (mg/Kg)	Valor más alto de As (mg/Kg)	Concentración Promedio de As (mg/Kg)
1	Mercado Santa Barbara	0.06	0.09	0.07
2	Mercado Virgen de las Mercedes	0.03	0.06	0.05
3	Mercado Cerro Colorado	0.04	0.04	0.04
4	Mercado Manco Cápac	0.05	0.11	0.08
5	Mercado Pedro Vilcapaza	0.07	0.11	0.09
6	Mercado Tupac Amaru	0.11	0.13	0.12
7	Mercado Tambopata	0.10	0.23	0.15
8	Mercado San Luis	0.13	0.17	0.16
9	Plaza Vea	0.12	0.18	0.14
10	Mia Market	0.07	0.12	0.09

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de CICOTOX.

**Figura 1**

*Concentración de As en las 30 muestras de hígado de pollo.*



Fuente: Elaborado en base a los resultados de CICOTOX.

**Tabla 3**

*Medidas descriptivas de las concentraciones de arsénico en hígados de pollo en mercados de la ciudad de Juliaca en 2023.*

Medidas descriptivas	Concentración de As (mg/Kg.)
Cantidad de muestras (n)	30
Promedio ( $\mu$ )	0.10
Desviación estándar (DS)	0.05
Percentil 50% (Me)	0.10
Valor mínimo (Min.)	0.03
Valor máximo (Max.)	0.23
Coefficiente de asimetría	0.75
Curtosis	0.64

Fuente: Elaboración propia en base al informe de resultados de laboratorio.





La Tabla 2 y la Figura 1, podemos observar que en este estudio la concentración de arsénico en hígados de pollo de diferentes centros de abasto en la ciudad de Juliaca oscila entre 0.03 mg/Kg como valor mínimo y 0.23 mg/Kg como valor máximo y el promedio por mercados oscila entre 0.04 mg/Kg como valor mínimo y 0.16 mg/Kg como valor máximo. En los hígados de pollo obtenidos de diversos mercados de la ciudad de Juliaca ( $n=30$ ), se encontró que el promedio de concentración de arsénico fue de 0.10 mg/kg. Los datos muestran que la desviación estándar indica una variabilidad limitada alrededor del valor promedio, sugiriendo una consistencia en los niveles de arsénico observados.

En la Tabla 3, se observa una similitud entre la media y la mediana de 0.10 mg/kg, lo que indica una distribución aproximadamente simétrica de los datos. El coeficiente de asimetría de 0.74, cercano a cero, sugiere una leve asimetría positiva en la distribución, mientras que la curtosis de 0.64 indica una distribución moderadamente leptocúrtica, con una concentración de datos más cerca de la media y menos dispersión en comparación con una distribución normal estándar. Se realizó también una prueba t de Student para una muestra (Anexo 1), obteniendo un valor p de 0.05, que coincide con el nivel de significancia estadística del 5%. Por lo tanto, se concluyó que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Esto indica que los niveles de arsénico en los hígados de pollo vendidos en los mercados de la Ciudad de Juliaca no exceden los límites permitidos según las normativas de salud correspondientes.

En nuestro país existen muy pocos trabajos de investigación sobre concentración de arsénico en hígados de aves, así tenemos que, un trabajo realizado en Ventanilla, Lima por Salvador y Velasquez (2023) quienes evidenciaron que el promedio de arsénico en hígados de pollos de 12 muestras analizadas fue menor a 0.1 mg/kg, lo cual no superaron el límite máximo permisible en esta investigación adicionalmente analizaron el alimento



y agua de consumo de las aves, el cual tampoco presento límites superiores a los establecidos lo cual nos indicaría que el alimento y agua de consumo podría influir significativamente en los resultados de concentración en hígado, , otro estudio realizado por Sinche (2023), en el Mercado Caquetá Lima, en pechugas de pollo tuvo como resultado promedio de concentración de 0.0006 mg/kg de arsénico, esto se debería a que el musculo presenta menos concentración de arsénico a diferencia del hígado, debido a su función en la metabolización y almacenamiento de toxinas, el hígado puede acumular arsénico en concentraciones más altas en comparación con otros tejidos, esto sumado a nuestros estudios, evidenciarían que a pesar de existir la presencia de este metal, en algunos casos no superan los límites máximos permisibles, esto debido a factores ambientales, el alimento, agua de consumo y manejo de las aves.

Sin embargo, comparando con otras investigaciones, se observa una variabilidad considerable en los niveles reportados. Respecto a valores superiores al presente estudio, algunos estudios han encontrado niveles más altos, por ejemplo, Cory (2023) en Tacna evidencio que el promedio de arsénico total en hígados de Pollo distribuido por proveedores avícolas de esta ciudad tuvo como promedio 5,61 mg/Kg de un total de 40 muestras, superando e incumpliendo los valores referenciales, en este estudio se analizó los posibles factores de riesgo en los cuales concluyó que el ambiente, el agua de consumo, el alimento y la medicación influyen en la bioacumulación de arsénico en hígado, lo cual debería se debería tomar en cuenta en posteriores estudios, otro estudio en Lima realizado por Espinoza y Suarez (2015) reportaron que el promedio de arsénico en hígados de pollo, de un total de 30 muestras fue de 0.858 mg/Kg, pero solamente 7 de 30 muestras (23%) superan el límite establecido el cual indicaría, haciendo suponer que la exposición y uso de tóxicos como el arsénico en pollos es más controlado en la producción de pollos que se expenden en la ciudad de Juliaca.



En nuestro país, hay una falta de datos sobre la contaminación o la presencia de metales pesados en alimentos destinados al consumo avícola, lo cual impide determinar si los diversos alimentos disponibles en Perú como el maíz, el trigo y la soya, son adecuados y seguros para la alimentación animal (Salvador y Velasquez, 2023), esto se debería a una falta de conocimiento e información sobre la contaminación de metales pesados en alimento, también estaría la falta de laboratorios equipados y personal capacitado la cual limita la capacidad para realizar análisis exhaustivos de metales pesados en alimentos.

Estudios internacionales, muestran niveles considerables de As en carne de pollo como por ejemplo Nachman *et al.* (2013) determinaron en Estados Unidos que un 94% de muestras presentaron As por arriba de  $1,8 \mu\text{g/Kg}$ , teniendo un promedio de  $3.0 \mu\text{g/Kg}$ , esto se debería a que en este país se usaban aditivos organoarsenicales en los piensos para promover el crecimiento y aumentar la eficiencia alimenticia en las aves, aunque en la actualidad ya se tiene mayor control de estos aditivos, se tendrían que actualizar estudios en ese país. Otro estudio realizado de distintas ciudades de China por Zhao *et al.* (2020) tuvieron como resultado un promedio de  $4,85 \mu\text{g/Kg}$  de arsénico en muestras crudas de carne de pollo, esto podría deberse a que en este país se realiza la crianza intensiva con alimento balanceado el cual suele contener aditivos organoarsenicales como Roxarsone, aunque estos estudios no fueron en hígados, se debe tomar en consideración ya que el hígado presenta más concentración de este metal pesado. Por otro lado, en otras especies de aves Valladares *et al.* (2020) determinaron niveles de As en hígado de palomas de un área urbana, indicando concentraciones de  $2.63 \mu\text{g/g}$ , superando sustancialmente el máximo permitido en cuanto a tejidos biológicos, todo esto se debería al ambiente en el que viven, el agua de consumen, el alimento, ya que en este tipo de animales no se puede tener un control preciso de estos datos. Estos estudios difieren a nuestros resultados y se



tendría que tomar en cuenta en próximas investigaciones el origen de las aves en la ciudad de Juliaca, ya que la mayoría de mercados lo comercializan de manera informal.

Una interpretación coherente de estos hallazgos se basaría en la investigación científica disponible, que señala que los niveles de arsénico en los hígados y carne de pollo son afectados por factores ambientales, de alimentación y de manejo, esto remarcaría la importancia de la vigilancia continua y de las prácticas agrícolas seguras para evitar contaminaciones indeseadas.

Todo esto evidenciaría que hay distintos factores que influyen en la concentración de arsénico. Las referencias citadas son relevantes para nuestra población de estudio, ya que esta se centró en pollos los cuales tienen una esperanza de vida promedio de alrededor de 60 días, por tal motivo se puede apreciar las diferencias significativas entre nuestros resultados y los mencionados, al presentar muy bajas concentraciones de metales pesados



#### **4.3. CALIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN HÍGADOS DE POLLO ENCONTRADOS EN COMPARACIÓN CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS POR EL CODEX ALIMENTARIUS**

Luego de conocer los resultados de la concentración de arsénico en hígados de pollo, calificamos si estos se encuentran dentro de los límites máximos permitidos según el CODEX alimentarius, el cual tiene como concentración máxima permitida 0.5 mg/Kg de arsénico en hígados de pollo. Para esto clasificamos los resultados en categorías, como “óptimo”, "mínimo aceptable” y “superior a los límites permitidos”, los cuáles serán descritos de la siguiente manera:

**Óptimo:** Valor igual a 0.

**Mínimo aceptable:** Valores por encima de 0 hasta máximo 0.5 mg/kg,

**Superior a los límites permitidos:** Valores superiores a 0.5 mg/kg.

**Tabla 4**

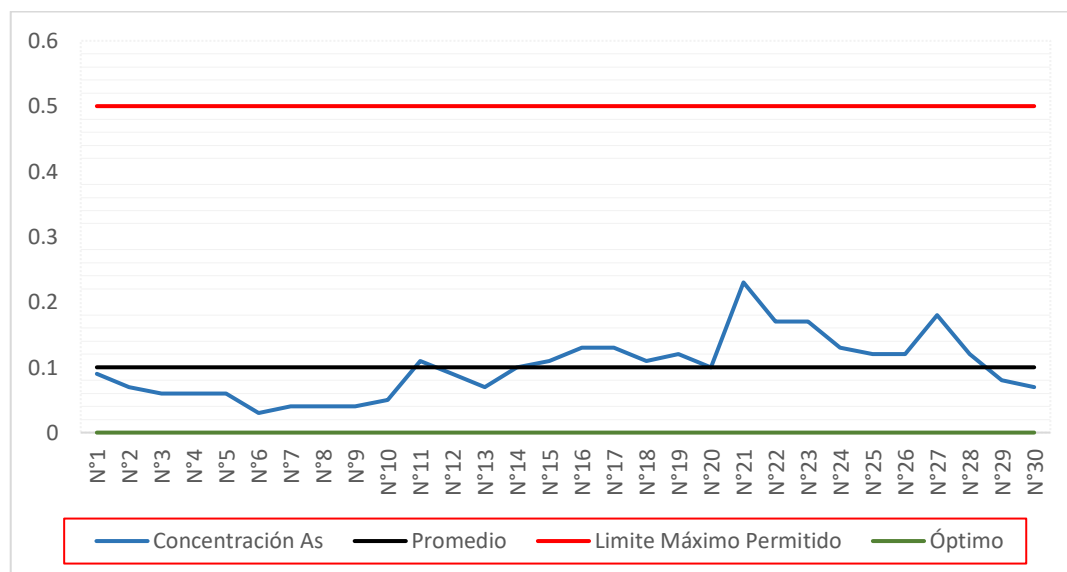
*Número, lugar de procedencia, concentración de arsénico y categoría para la calificación de los límites máximos permitidos de arsénico en hígados de pollo.*

N°	Lugar de procedencia	Promedio de	Categoría
		Concentración As (mg/Kg)	
1	Mercado Santa Barbara	0.07	Mínimo aceptable
2	Mercado Virgen de las Mercedes	0.05	Mínimo aceptable
3	Mercado Cerro Colorado	0.04	Mínimo aceptable
4	Mercado Manco Cápac	0.08	Mínimo aceptable
5	Mercado Pedro Vilcapaza	0.09	Mínimo aceptable
6	Mercado Tupac Amaru	0.12	Mínimo aceptable
7	Mercado Tambopata	0.15	Mínimo aceptable
8	Mercado San Luis	0.16	Mínimo aceptable
9	Plaza Veá	0.14	Mínimo aceptable
10	Mia Market	0.09	Mínimo aceptable

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 2**

*Concentración de As, promedio, límite máximo permitido y óptimo.*



Fuente: Elaborado en base a los resultados de CICOTOX.



En la tabla 4 y figura 2, se muestran los valores obtenidos luego del análisis de laboratorio, los cuales indican que, de un total de 30 muestras analizadas en este estudio, la concentración de arsénico en hígados de pollo oscila entre 0.04 mg/Kg como promedio de concentración mínima por mercado y 0.16 mg/Kg promedio de concentración máxima por mercado, indicando que todas están por debajo de los límites máximos permisibles establecidos, lo cual es positivo para la salud pública. y entra dentro de la categoría de mínimo aceptable, lo que sugiere que, en términos generales, el hígado de pollo en los centros de abasto de Juliaca es seguro para el consumo en relación con el arsénico, pero se debe tener en cuenta que es un metal bioacumulable y los resultados de la investigación no dieron niveles de concentración nulos.

Sin embargo, aunque la concentración promedio se encuentra dentro de los límites seguros, es relevante considerar la variabilidad observada en los resultados. El valor máximo de una de las muestras (0.23 mg/Kg) podría estar cerca del límite permitido (0.5 mg/Kg), lo que podría representar un riesgo potencial si se encuentran concentraciones similares o superiores en otras muestras en diferentes períodos del año.

Nuestros resultados son consistentes con estudios previos realizados por Salvador y Velasquez (2023) quienes evidenciaron que el promedio de arsénico en hígados de pollos en sus 12 muestras analizadas ninguna superó el límite máximo permisible, teniendo todos sus resultados como mínimo aceptable, esto se debería a que estas aves no estuvieron expuestas al arsénico en cantidades tóxicas y los criadores tuvieron un mejor control, aunque se debe tener en consideración que la concentración no fue nula al igual que nuestros resultados. Zhao (2020), encontró concentraciones similares a las muestras de arsénico en carne de pollo en varias ciudades de China. Sin embargo, Zhao identificó una variabilidad geográfica considerable en los resultados y una prevalencia alta de



compuestos organoarsénicales como el ácido arsenioso y el roxarsone, indicando que estos influyen en el aumento de concentración de arsénico inorgánico en hígados de pollo, lo cual supone un riesgo y se plantea que en próximas investigaciones se debería también analizar la presencia de arsénico orgánico e inorgánico. En contraste con este estudio, esta investigación no analizó específicamente compuestos organoarsénicales, pero los niveles encontrados de arsénico sugieren una exposición general al arsénico que no parece ser excesiva en el contexto de la regulación vigente.

Valores superiores al presente estudio reportaron. Cory (2023) reportó valores entre 2.76 mg/Kg como valor mínimo, 10.76 mg/Kg como valor máximo y un promedio de 5.61 mg/Kg, todos superando los límites máximos permitidos y evidencio que el agua que consumen, tratamiento médico, alimento para crecimiento y engorde, uso de fármacos y frecuencia de limpieza de galpón son factores de exposición asociados a los niveles elevados de arsénico en las muestras de hígados de pollo, esto se debería a que en Tacna, en la Cuenca Caplina, el acuífero costero La Yarada, en las cuencas hidrográficas Sama y Locumba, se han detectado niveles de arsénico por encima del valor de referencia para agua, la cual consumen los pollos de esta localidad. Aunque los niveles de arsénico en las muestras de pollo analizadas en nuestra investigación están dentro de los límites permitidos, el riesgo potencial de exposición prolongada no debe ser subestimado. Es esencial para los consumidores, especialmente aquellos que consumen grandes cantidades de hígado de pollo, estar informados sobre los posibles riesgos asociados con la exposición al arsénico y otros metales pesados como el plomo y cadmio que puede presentar también este alimento.

Los resultados sugieren que se deben mantener las prácticas de monitoreo y control para asegurar que los niveles de arsénico no aumenten con el tiempo. Además, el hecho de que se hayan detectado concentraciones cercanas al límite en algunas muestras





resalta la necesidad de medidas preventivas y de vigilancia continua para proteger la salud pública.

La falta de análisis de compuestos organoarsénicales específicos limita la comprensión completa de las fuentes de arsénico en los alimentos, sería beneficioso realizar estudios sobre la presencia de compuestos organoarsénicales específicos para identificar posibles fuentes de contaminación y evaluar su impacto en los niveles de arsénico en la carne de pollo, es importante también realizar un estudio para conocer la procedencia exacta de estas aves, analizar sus sistemas de crianza y ver los puntos críticos que podrían existir en cuanto a su manejo y las vías de entrada de este tipo de tóxicos. También sería útil realizar estudios a largo plazo para evaluar los efectos de la exposición crónica al arsénico en la salud de la población local.

Los resultados del presente estudio muestran que los hígados de pollo expendidos en los mercados de la ciudad de Juliaca, tienen niveles bajos de arsénico, y se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos, lo que nos indicaría que son aptos para el consumo de la población. A pesar que los resultados de los niveles de concentración de arsénico en hígados de pollo analizados estuvieron dentro de los límites permisibles al igual que otras investigaciones, el riesgo para la salud del consumidor de hígados de pollo de distintos centros de abasto de la ciudad de Juliaca es muy bajo, aunque no nulo.



## V. CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se identificó y encontró la presencia de arsénico en todas las muestras de hígado de pollo analizadas de los diferentes centros de abasto de la ciudad de Juliaca.
- SEGUNDA:** La valoración de la concentración de arsénico en hígados de pollo de los diferentes centros de abasto de la ciudad de Juliaca indica que se presentan niveles por debajo de los límites permisibles, teniendo como menor concentración promedio el Mercado Cerro Colorado (0.04 mg/Kg) y como mayor concentración promedio el Mercado San Luis (0.16 mg/Kg).
- TERCERA:** Al calificar la concentración de arsénico en hígados de pollo se encontró que están dentro de los límites permisibles establecidos por el CODEX alimentarius.



## VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Realizar estudios adicionales para identificar y evaluar posibles fuentes de arsénico en la cadena alimentaria, incluyendo alimentos para pollos, el ambiente y las condiciones de crianza. Aunque las concentraciones actuales de arsénico en las muestras están dentro de los límites permitidos, se recomienda implementar un sistema de monitoreo continuo del hígado de pollo en los centros de abasto para asegurar que los niveles de arsénico se mantengan seguros y detectar cualquier cambio o nueva fuente de contaminación.
- SEGUNDA:** Realizar trabajos de investigación similares en otras especies animales de consumo humano, considerando que la ciudad de Juliaca no cuenta con un matadero municipal autorizado para el faenamiento de animales, y la mayoría de estos se comercializan de manera informal, desconociendo la procedencia y calidad toxicológica de estos alimentos.
- TERCERA:** Las entidades sanitarias correspondientes deben promover el estudio de la calidad toxicológica de distintos alimentos y el uso de técnicas para la detección de dichos tóxicos en carnes, vísceras y diversos alimentos de origen animal dirigidas al consumo humano para considerarlos aptos o no para la alimentación.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades. (2009). *Cambios patogénicos del arsénico*. Obtenido de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/cambios\\_patogenicos.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/cambios_patogenicos.html)
- Agencia de Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016). *Resúmenes de Salud Pública - Arsénico*.
- Alkmim Filho, J., Germano, A., Dibai, W., Vargas, E., & Melo, M. (2014). Evaluación de residuos de metales pesados en tejido avícola y porcino brasileño.
- Cory Cori, M. S. (2023). *Determinación de arsénico total en hígado de pollo distribuido por proveedores avícolas de la ciudad de Tacna, 2022*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre.
- ELIKA. (2021). *Seguridad Alimentaria Arsénico*. Obtenido de <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/arsenico/#quees>
- Espinoza Valdiviezo, K., & Suarez Zulueta, S. (2015). *Determinación de plomo, cadmio y arsénico en hígados de pollo expendidos en el Mercado Caquetá - San Martín de Porres - período de marzo-julio 2015*. Lima: Universidad Norbert Wiener.
- FAO, & OMS. (2024). *Codex Alimentarius: International food standards. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) & World Health Organization (WHO)*. Obtenido de <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/>
- Guanoliquin Cuichán, C. (2021). *presencia de metales pesados como arsénico (As), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en pollos de engorde (Gallus gallus)*. Universidad Central del Ecuador.
- Hu, Y., Zhang, W., Cheng, H., & Tao, S. (2017). *Riesgo para la salud pública de las especies de arsénico en los tejidos de pollo de los mercados de aves vivas de la provincia de Guangdong, China*. Guangdong: Universidad de Geociencias de China.
- INCINS. (2015). Instituto Nacional del Cáncer de los Institutos Nacionales de Salud de EE.UU. *Cancer y Arsenico*.



- Jackson B, & Punshon T. (2016). Avances recientes en la medición de arsénico, cadmio y mercurio en el arroz y otros alimentos.
- Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz Garcia, F. G. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 145-153.
- Madal, B., & Suzuki, K. (2002). Arsenic round the world: a review. Pages 201-235,.
- Maya Velez, L., Lozano Ramirez, O., & Osorio Ospina, I. (2010). TOXICOLOGIALABORALCONENFASISENMETALES PESADOS.
- Medda, N., Patra, R., Ghosh, T., & Maiti, S. (2020). Neurotoxic Mechanism of Arsenic: Synergistic Effect of Mitochondrial Instability, Oxidative Stress, and Hormonal-Neurotransmitter Impairment.
- Medina Pizzali, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). *Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana*. Obtenido de Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>
- Menzel, D., Ross, M., & Oddo, S. (1994). *A physiologically based pharmacokinetic model for ingested arsenic*. *Environ Geochem Health*.
- MIDIS. (2024). *Reporte Regional de Indicadores Sociales del Departamento de Puno*. Obtenido de <https://sdv.midis.gob.pe/redinforma/Upload/regional/Puno.pdf>
- MINSA. (2017). *Resolución ministerial N° 250-2017/MINSA*. Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/190345/189840\\_RM\\_250-2017-MINSA.PDF20180823-24725-1rsx1wh.PDF?v=1593748776](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/190345/189840_RM_250-2017-MINSA.PDF20180823-24725-1rsx1wh.PDF?v=1593748776)
- Molin, M., Stine, M., Margrete Meltzer, H., & Jan Ale. (2015). *Arsenic in the human food chain, biotransformation and toxicology – Review focusing on seafood arsenic*,. Obtenido de *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*,: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0946672X15000127>
- Montenegro Chavesta, J. (2019). *Panorama y perspectivas de la producción de carne de pollo en el Perú*. *Ministerio de la Agricultura y Riego*. Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/696596/panorama-carne\\_de\\_pollo.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/696596/panorama-carne_de_pollo.pdf).



- Moore, D., McCabe, G., & Craig, B. (2020). *Introduction to the practice of statistics (10th ed.)*. W.H. Freeman.
- Nachman, K., Barón, P., Raber, G., Francesconi, K., Navas- Acien , A., & Love, D. (2013). *Roxarsona, arsénico inorgánico y otras especies de arsénico en el pollo: una muestra de la cesta del mercado en EE. UU.* Escuela de Salud Publica Bloomberg de Jhons Hopkins, Baltimore, Maryland EEUU.
- Naula Naula, M. (2012). *Determinación de la presencia de arsénico en balanceados, gallinazas y vísceras de pollos*. Quito: Universidad San Francisco.
- Ñacha Cuba, J., & Aguilar Zumaeta, W. (2015). *Determinación cuantitativa de plomo, cadmio y arsénico en hígado de ganado bovino expendido en el Mercado Ciudad de Dios – San Juan de Miraflores*. Lima: Universidad Privada Norbert Wiener.
- Ordoñez Citalán, C. (2017). *Determinación de la presencia de Arsénico en la carne de muslos y alas de pollo de engorde(Gallus domesticus) comercializado en el mercado "La terminal"de Retalhuleu*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Perez Carrera, Perez Gardiner, M., & Fernandez , C. (2010). Presencia de arsénico en tejidos de origen bovino en el sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina.
- Pinto, S., & McGill, M. (1953). Arsenic trioxide exposure in industry. *Industrial medicine & surgery*,, 281–287.
- Quansah , R., Armah , F., Essumang , D., Luginaah , I., Clarke , E., Marfoh , K., . . . Dzodzomenyo , M. (2015). *Association of Arsenic with Adverse Pregnancy Outcomes/Infant Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Obtenido de <https://doi.org/10.1289/ehp.1307894>
- Quispe Huanca, M. (2022). Niveles de arsénico en pozos artesanales y grado de conocimiento del consumo de agua en familias de 4 urbanizaciones del distrito de Juliaca-San Román-Puno.
- Ravanal Pineda, J. (2018). Abatimiento de la toxicidad de compuestos arsenicales presentes en suelos agrícolas, a través de un sistema de tratamiento biológico secuencial.



- Reyes Navarrete , M., Alvarado de la Peña, A., Antuna, D., Gonzáles Valdéz, L., & Vázquez Alarcón, E. (2012). *Metales pesados: importancia y análisis*. Obtenido de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/8815>.
- Robles, P., Medina-Pizzali, M., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). *Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana*. Lima: Univesidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Rodriguez- Hernandez , A., Camacho, M., Henriquez-Hernandez, L., Boada , L., Ruiz-Suarez , N., Valero, P., & et al. (2016). Assessment of human health hazards associated with the dietary exposure to organic and inorganic contaminants through the consumption of fishery products in Spain.
- Salvador Vasquez, M., & Velasquez Cabrera, F. (2023). *Determinación de arsénico, cadmio y plomo en alimento y agua y su bioacumulación en hígado de pollos de corral procedente de la Asociación Parque Porcino – distrito de Ventanilla, octubre 2022*. Callao: Universidad María Auxiliadora.
- Santisteban Rojas, O. (2021). *Comparación de los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en piensos y huevos de codorniz (Coturnix coturnix japonica)*. Lima: Universidad Mayor de San Marcos.
- SENAMHI. (2023). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú.
- Sinche Ramirez, L. (2023). *Determinación de plomo, cadmio y arsénico en carne de pollo expendido en el mercado de Caquetá - San Martín de Porres. Lima - Perú. Noviembre 2020*.
- Soler-Blasco, R., Murcia, M., Lozano, M., Sarzo, B., Esplugues, A., Riutort-Mayol, G., . . . Llop, S. (2022). Prenatal arsenic exposure, arsenic methylation efficiency, and neuropsychological development among preschool children in a Spanish birth cohort.
- Suárez Sola ML, G. D. (2004). *Cuadernos de Medicina Forense N°35*.
- Tolins, M., Ruchirawat, M., & Landrigan, P. (2014). The developmental neurotoxicity of arsenic: cognitive and behavioral consequences of early life exposure.



- Valladares, P., Cáceres, G., & Valdés, J. (2020). . Contenido de plomo, cadmio y arsénico en tejidos biológicos de la paloma común (*Columba livia*) presentes en un área urbana previamente contaminada con residuos mineros.
- Yu, M., Liu, V., Achal, Q., L.Fu, & L.Li. (2015). Health Risk Assessment of al and Heavy Metals in Milk Products for Different Age Groups in China.
- Zhao, D., Wang, J., Yin, Li, Chen, X., & Juhasz, A. (2020). *El ácido arsanílico contribuye más al arsénico total que la roxarsona en la carne de pollo de los mercados chinos*. Nanjing: Universidad de Nanjing.





## ANEXOS

**ANEXO 1:** Análisis estadístico con la prueba de t student para una muestra, con los resultados de concentración de arsénico en el hígado de pollo en Juliaca.

<b>Variable</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>IC 95%</b>	<b>Valor P</b>
Concentración de As	30	0.10	0.0086	0.05	0.083 0.117	0.05
Prueba t	2.045					
Grados de libertad	29					

Fuente: Elaboración en base a recolección de datos de informe del laboratorio.

## ANEXO 2: Imágenes del procesamiento y análisis.

### Figura 3

#### *Laboratorio CICOTOX*



### Figura 4

#### *Pesaje de muestras de hígado de pollo*



Fuente: Procesamiento y metodología CICOTOX.

## Figura 5

*Secado de muestras en plancha de calentamiento*



Fuente: Procesamiento y metodología CICOTOX.

## Figura 6

*Muestras secas.*



Fuente: Procesamiento y metodología CICOTOX.



### Figura 7

*Acidificación de muestras (Adición de ácido clorhídrico)*



Fuente: Procesamiento y metodología CICOTOX.

### Figura 8

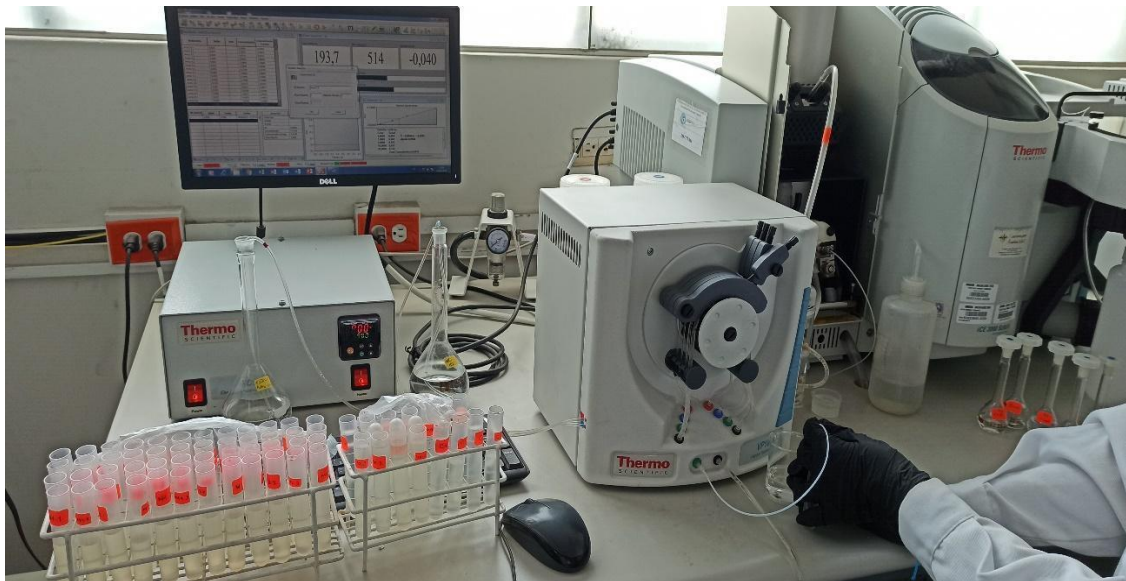
*Filtración de muestras*



Fuente: Procesamiento y metodología CICOTOX.

## Figura 9

*Lectura de muestras en Espectrofotómetro de absorción atómica*



Fuente: Informe de procesamiento y metodología CICOTOX.



### ANEXO 3: Resultados emitidos por el laboratorio CICOTOX.



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
**Universidad del Perú, Decana de América**  
**Facultad de Farmacia y Bioquímica**  
**Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental**  
**CICOTOX**



N° 98161 - 98175

**PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO**

**SOLICITANTE:** JOSÉ CARLOS CALLO CHAYÑA

**TESIS:** Determinación de la presencia y concentración de Arsénico en hígados de Pollo expendido en diferentes centros de abasto de la ciudad de Juliaca 2023.

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 08 DE NOVIEMBRE DE 2023 **HORA:** 03:35:00 p. m.  
**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 21 DE NOVIEMBRE DE 2023 **HORA:** 12:10:00 p. m.  
**FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS:** 15 DE DICIEMBRE DE 2023 **HORA:** 09:30:00 p. m.

**MÉTODOS:** Arsénico : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros  
*Método no acreditado*


**OBSERVACIONES:** La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
98161	Hígado de pollo - Código: M - 01	Cuantificación de Arsénico	0.09 mg/Kg
98162	Hígado de pollo - Código: M - 02	Cuantificación de Arsénico	0.07 mg/Kg
98163	Hígado de pollo - Código: M - 03	Cuantificación de Arsénico	0.06 mg/Kg
98164	Hígado de pollo - Código: M - 04	Cuantificación de Arsénico	0.06 mg/Kg
98165	Hígado de pollo - Código: M - 05	Cuantificación de Arsénico	0.06 mg/Kg
98166	Hígado de pollo - Código: M - 06	Cuantificación de Arsénico	0.03 mg/Kg
98167	Hígado de pollo - Código: M - 07	Cuantificación de Arsénico	0.04 mg/Kg
98168	Hígado de pollo - Código: M - 08	Cuantificación de Arsénico	0.04 mg/Kg
98169	Hígado de pollo - Código: M - 09	Cuantificación de Arsénico	0.04 mg/Kg
98170	Hígado de pollo - Código: M - 10	Cuantificación de Arsénico	0.05 mg/Kg
98171	Hígado de pollo - Código: M - 11	Cuantificación de Arsénico	0.11 mg/Kg
98172	Hígado de pollo - Código: M - 12	Cuantificación de Arsénico	0.09 mg/Kg
98173	Hígado de pollo - Código: M - 13	Cuantificación de Arsénico	0.07 mg/Kg
98174	Hígado de pollo - Código: M - 14	Cuantificación de Arsénico	0.10 mg/Kg
98175	Hígado de pollo - Código: M - 15	Cuantificación de Arsénico	0.11 mg/Kg

Lima, 15 de diciembre de 2023.

  
Director de CICOTOX  
Dr. José A. Apesteeguía Infantes  
Esp. Toxicología & Química Legal  
C.Q.F.P N° 06538  
RNE 240  
D.N.I N° 09359857



  
Analista de CICOTOX  
Bach. Tox. María Ochoa Santiago

**"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"**

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú  
Celular 956 740 869 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1  
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>





Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Universidad del Perú, Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental  
CICOTOX

N° 98176 - 98190

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: JOSÉ CARLOS CALLO CHAYÑA

TESIS: Determinación de la presencia y concentración de Arsénico en hígados de Pollo expendido en diferentes centros de abasto de la ciudad de Juliaca 2023.

FECHA DE RECEPCIÓN: 08 DE NOVIEMBRE DE 2023 HORA: 03:35:00 p. m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 21 DE NOVIEMBRE DE 2023 HORA: 12:10:00 p. m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 15 DE DICIEMBRE DE 2023 HORA: 09:30:00 p. m.

MÉTODOS: Arsénico : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros  
*Método no acreditado*

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
98176	Hígado de pollo - Código: M - 16	Cuantificación de Arsénico	0.13 mg/Kg
98177	Hígado de pollo - Código: M - 17	Cuantificación de Arsénico	0.13 mg/Kg
98178	Hígado de pollo - Código: M - 18	Cuantificación de Arsénico	0.11 mg/Kg
98179	Hígado de pollo - Código: M - 19	Cuantificación de Arsénico	0.12 mg/Kg
98180	Hígado de pollo - Código: M - 20	Cuantificación de Arsénico	0.10 mg/Kg
98181	Hígado de pollo - Código: M - 21	Cuantificación de Arsénico	0.23 mg/Kg
98182	Hígado de pollo - Código: M - 22	Cuantificación de Arsénico	0.17 mg/Kg
98183	Hígado de pollo - Código: M - 23	Cuantificación de Arsénico	0.17 mg/Kg
98184	Hígado de pollo - Código: M - 24	Cuantificación de Arsénico	0.13 mg/Kg
98185	Hígado de pollo - Código: M - 25	Cuantificación de Arsénico	0.12 mg/Kg
98186	Hígado de pollo - Código: M - 26	Cuantificación de Arsénico	0.12 mg/Kg
98187	Hígado de pollo - Código: M - 27	Cuantificación de Arsénico	0.18 mg/Kg
98188	Hígado de pollo - Código: M - 28	Cuantificación de Arsénico	0.12 mg/Kg
98189	Hígado de pollo - Código: M - 29	Cuantificación de Arsénico	0.08 mg/Kg
98190	Hígado de pollo - Código: M - 30	Cuantificación de Arsénico	0.07 mg/Kg

Lima, 15 de diciembre de 2023.

Director de CICOTOX

Dr. José A. Apesteeguía Infantes  
Esp. Toxicología & Química Legal  
C.Q.F.P. N° 06538  
RNE 240  
D.N.I. N° 09359857



Analista de CICOTOX  
Bath. Tox. María Ochoa Santiago

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú  
Celular 956 740 869 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1  
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe



**ANEXO 4:** Codificación, lugar de donde se tomó las muestras y concentración de arsénico.

<b>Codificación</b>	<b>Lugar de toma de muestra</b>	<b>Concentración As (mg/Kg)</b>
Muestra N°1	Mercado Santa Barbara	0.09
Muestra N°2	Mercado Santa Barbara	0.07
Muestra N°3	Mercado Santa Barbara	0.06
Muestra N°4	Mercado Virgen de las Mercedes	0.06
Muestra N°5	Mercado Virgen de las Mercedes	0.06
Muestra N°6	Mercado Virgen de las Mercedes	0.03
Muestra N°7	Mercado Cerro Colorado	0.04
Muestra N°8	Mercado Cerro Colorado	0.04
Muestra N°9	Mercado Cerro Colorado	0.04
Muestra N°10	Mercado Manco Cápac	0.05
Muestra N°11	Mercado Manco Cápac	0.11
Muestra N°12	Mercado Manco Cápac	0.09
Muestra N°13	Mercado Pedro Vilcapaza	0.07
Muestra N°14	Mercado Pedro Vilcapaza	0.10
Muestra N°15	Mercado Pedro Vilcapaza	0.11
Muestra N°16	Mercado Tupac Amaru	0.13
Muestra N°17	Mercado Tupac Amaru	0.13
Muestra N°18	Mercado Tupac Amaru	0.11
Muestra N°19	Mercado Tambopata	0.12
Muestra N°20	Mercado Tambopata	0.10
Muestra N°21	Mercado Tambopata	0.23
Muestra N°22	Mercado San Luis	0.17
Muestra N°23	Mercado San Luis	0.17
Muestra N°24	Mercado San Luis	0.13
Muestra N°25	Plaza Vea	0.12
Muestra N°26	Plaza Vea	0.12
Muestra N°27	Plaza Vea	0.18
Muestra N°28	Mia Market	0.12
Muestra N°29	Mia Market	0.08
Muestra N°30	Mia Market	0.07

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de CICOTOX.





**ANEXO 5:** Codificación, procedencia y peso de cada muestra de hígado de pollo  
analizada en el laboratorio CICOTOX.

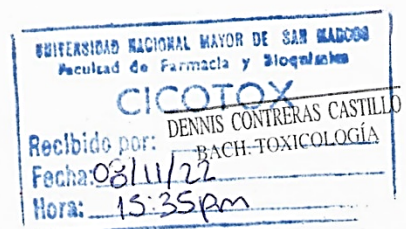
**Título:** Determinación de la Presencia y Concentración de Arsénico en hígados de Pollo expendido en diferentes centros de abasto de la ciudad de Juliaca 2023.

**Presentado por:** José Carlos Callo Chayña.

**Muestras:** Hígados de Pollo.

**Método Analítico:** Análisis cuantitativo por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Codificación	Lugar de toma de muestra	Peso	
Muestra N°1	Mercado Santa Barbara	53 gr	✓
Muestra N°2	Mercado Santa Barbara	44 gr	✓
Muestra N°3	Mercado Santa Barbara	48 gr	✓
Muestra N°4	Mercado Virgen de las Mercedes	56 gr	✓
Muestra N°5	Mercado Virgen de las Mercedes	62 gr	✓
Muestra N°6	Mercado Virgen de las Mercedes	52 gr	✓
Muestra N°7	Mercado Cerro Colorado	49 gr	✓
Muestra N°8	Mercado Cerro Colorado	47 gr	✓
Muestra N°9	Mercado Cerro Colorado	50 gr	✓
Muestra N°10	Mercado Manco Capac	61 gr	✓
Muestra N°11	Mercado Manco Capac	56 gr	✓
Muestra N°12	Mercado Manco Capac	52 gr	✓
Muestra N°13	Mercado Pedro Vilcapaza	47 gr	✓
Muestra N°14	Mercado Pedro Vilcapaza	54 gr	✓
Muestra N°15	Mercado Pedro Vilcapaza	62 gr	✓
Muestra N°16	Mercado Tupac Amaru	48 gr	✓
Muestra N°17	Mercado Tupac Amaru	46 gr	✓
Muestra N°18	Mercado Tupac Amaru	52 gr	✓
Muestra N°19	Mercado Tambopata	58 gr	✓
Muestra N°20	Mercado Tambopata	43 gr	✓
Muestra N°21	Mercado Tambopata	48 gr	✓
Muestra N°22	Mercado San luis	43 gr	✓
Muestra N°23	Mercado San luis	55 gr	✓
Muestra N°24	Mercado San luis	53 gr	✓
Muestra N°25	Plaza Veá	57 gr	✓
Muestra N°26	Plaza Veá	58 gr	✓
Muestra N°27	Plaza Veá	56 gr	✓
Muestra N°28	Mia Market	63 gr	✓
Muestra N°29	Mia Market	67 gr	✓
Muestra N°30	Mia Market	54 gr	✓



**ANEXO 6:** Procedimiento operatorio de la determinación de concentración de arsénico en hígados de pollo.





## ANEXO 7: Carta de responsabilidad para el transporte aéreo de muestras de hígado de pollo.

### CARTA DE RESPONSABILIDAD

Juliaca 08 de noviembre del 2023.

#### SEÑORES LATAM

Yo, Francisco Javier Chayña Quispe identificado con DNI N°01207793 y RUC N°10012077934, de Profesión Médico Veterinario y Zootecnista, Colegiatura N° 1960, en ejercicio profesional habilitada. Digo lo siguiente: A pedido del Bach. José Carlos Callo Chayña con DNI N° 70135034, quien como interesado, realizará la entrega al área de cargo del aeropuerto del Internacional Inca Manco Capac de Juliaca un COOLER con muestras de hígados de pollo para su transporte a la ciudad de Lima, muestra para el Analisis de Laboratorio que corresponde el Proyecto del Trabajo de Investigacion (Tesis), declaro bajo Juramento las especificaciones del producto que lleva como:

#### MATERIA PRIMA O INSUMO PARA INVESTIGACIÓN

Muestra de hígados de pollo para análisis toxicológico de metales pesados (arsénico)

Además, esta carga es sin valor comercial, las muestras están almacenadas apropiadamente, no presentan peligro alguno para transporte aéreo.

#### FUNCION DE USO

Las muestras tienen como destino el laboratorio CICOTOX de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima para el análisis de laboratorio correspondiente, conforme lo programado para la ejecución del Proyecto de Investigación cuyo Título es "Determinación de la presencia y concentración de arsénico en hígados de pollo expendido en diferentes centros de abasto de la ciudad de Juliaca 2023", que será presentado por el Bach. José Carlos Callo Chayña a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

#### ESPECIFICACIONES DE LA CARGA

COOLERS	N° de muestras	Peso	Termómetro de refrigeración	Bloques de gel refrigerante
1	30 muestras de hígados de pollo en bolsas con cierre hermético con rotulación.	Cada muestra pesa 60 gramos (Aproximadamente)  Peso total del cooler con contenido es de 5 kilos (Aproximadamente)	1	4

#### Muestras de Hígados de Pollo

Por el presente, declaro que el contenido de este embarque está acuciosamente descrito más arriba por su nombre apropiado y está clasificado, embalado, marcado y etiquetado/rotulado y que en todos los aspectos está en condiciones apropiadas para el transporte de acuerdo con las regulaciones gubernamentales apropiadas para el transporte nacionales e internacionales aplicables. Declaro que todos los requerimientos aplicables al transporte aéreo han sido cumplidos.

Atentamente.

Adjunta: Copia constancia habilitada

  
FRANCISCO JAVIER CHAYÑA QUISPE  
Médico Veterinario Zootecnista  
C.M.V.P. N° 1960



**ANEXO 8:** Cantidad aproximada de expendedores de carne de pollo y vísceras en la ciudad de Juliaca 2023.

<b>CENTRO DE ABASTO</b>	<b>N°</b>	<b>TOTAL</b>
<b>MERCADO SANTA BARBARA</b>		
Pollos RICO POLLO	11	26
Pollos de faenado local	15	
<b>MERCADO VIRGEN DE LAS MERCEDES</b>		
Pollos RICO POLLO	19	31
Pollos de faenado local	12	
<b>MERCADO CERRO COLORADO</b>		
Pollos RICO POLLO	9	14
Pollos de faenado local	5	
<b>MERCADO MANCO CAPAC</b>		
Pollos RICO POLLO	8	8
Pollos de faenado local	0	
<b>MERCADO PEDRO VILCAPAZA</b>		
Pollos RICO POLLO	8	25
Pollos de faenado local	17	
<b>MERCADO TUPAC AMARU</b>		
Pollos RICO POLLO	12	19
Pollos de faenado local	7	
<b>MERCADO TAMBOPATA</b>		
Pollos RICO POLLO	1	6
Pollos de faenado local	5	
<b>MERCADO SAN LUIS</b>		
Pollos RICO POLLO	2	3
Pollos de faenado local	1	
<b>PLAZA VEA</b>	1	1
<b>MIA MARKET</b>	1	1
<b>TOTAL</b>		<b>134</b>

Fuente: Cuento realizado por el autor de esta investigación.



## ANEXO 9: Declaración Jurada de Autenticación de tesis.



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo José Carlos Callo Chayña,  
identificado con DNI 70135034 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Medicina Veterinaria y Zootecnia

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"Determinación de la Presencia y Concentración de Arsénico  
en Hígados de Pollos expandidos en diferentes centros  
de Abastos de la ciudad de Juliaca 2023"

Es un tema original.


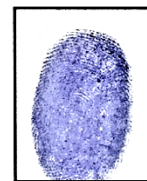
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 26 de Julio del 20 24

  
FIRMA (obligatoria)

Huella





## ANEXO 10: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo José Carlos Calle Chayña  
identificado con DNI 70135034 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Medicina Veterinaria y Zootecnia  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"Determinación de la Presencia y Concentración de  
Arsénico en Hígados de Pollo expandidos en diferentes  
Centros de Abasto de la ciudad de Juliaca 2023"

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

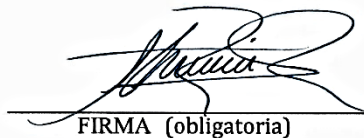
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 26 de Julio del 2024

  
FIRMA (obligatoria)

