

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA

**CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LA CARCASA
DEL CUY ASOCIADO A CUATRO FUENTES
DE AGUA DE LA REGIÓN TACNA, 2024**

TESIS

PRESENTADA POR:

ELISEO AIME CJANAHUIRE

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON
MENCION EN SALUD PÚBLICA**

TACNA – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA

CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LA CARCASA DEL CUY ASOCIADO
A CUATRO FUENTES DE AGUA DE LA REGIÓN TACNA, 2024

Tesis sustentada y aprobada el 27 de octubre del 2025; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE



M.Sc. Cesario Sebastian Cruz Anchapuri

SECRETARIO



Mgr. Alonso Ernesto Alcazar Rojas

MIEMBRO



Dra. Rosario del Pilar Telles Velásquez

ASESOR



Dra. Rosario del Pilar Telles Velásquez

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Dra. Rosario Del Pilar Telles Velásquez, en mi condición de asesora acreditada con Resolución de Escuela de Posgrado N° 14965-2024-ESPG/UNJBG del 13 de diciembre del 2024, del trabajo de tesis titulado **“CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LA CARCASA DEL CUY ASOCIADO A CUATRO FUENTES DE AGUA DE LA REGIÓN TACNA, 2024”**, presentado por el Sr. ELISEO AIME CJANAUIRE, para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias (*Magister Scientiae*) con mención en Salud Pública.


Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajo de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 9%

Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis y está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado a solicitud del interesado con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención del Grado Académico de Maestro en Ciencias (*Magister Scientiae*) con mención en Salud Pública.


Tacna, 04 de noviembre del 2025

FIRMA ASESOR
Nombres y apellidos


.....
Dra. Rosario del Pilar Telles Velásquez
DNI N° 42876737



FIRMA TESISTA
Nombres y apellidos


.....
Sr. Eliseo Aime Cjanahuire
DNI N° 45344774



DEDICATORIA

Este logro no habría sido posible sin el apoyo, el amor y la confianza de las personas que me acompañaron a lo largo de este camino.

A mis hermanos, Eloy, Florentino y Elisa, por ser un pilar esencial en mi vida y por brindarme siempre su apoyo incondicional, alentándome a perseverar incluso en los momentos más difíciles.

A mi madre, Justina Cjanahuire Perca, cuyo esfuerzo incansable, fortaleza ejemplar y amor inquebrantable han guiado cada paso de mi formación y de mi vida.

A la memoria de mi padre, Epifanio Aime Fernández (Q.E.P.D.), cuyo ejemplo de perseverancia, trabajo y rectitud permanecerá como una inspiración eterna en mi corazón y en mi quehacer profesional.

A mis amigos, por compartir conmigo su alegría, compañía y respaldo constante, siendo una fuente de motivación y ánimo en este proceso.

A mis profesores, por su dedicación, sabiduría y compromiso con la enseñanza, así como por inspirarme a seguir aprendiendo y creciendo, tanto en el ámbito académico como en el personal.

Eliseo Aime Cjanahuire

AGRADECIMIENTO

Expreso, en primer lugar, mi más profundo agradecimiento a Dios, por concederme el don de la vida, la salud y la fortaleza necesarias para culminar con éxito esta trascendental etapa de mi formación profesional.

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por brindarme una formación académica de excelencia y un entorno de aprendizaje que ha enriquecido significativamente mis conocimientos, habilidades y perspectivas profesionales.

A mi querida familia, por su fe inquebrantable en mis capacidades y por su apoyo constante en cada paso de este camino; su amor, comprensión y aliento han sido el motor que me impulsó a alcanzar esta meta de gran relevancia en mi desarrollo personal y profesional.

Al Proyecto de Investigación en Cuyes de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por haberme otorgado la oportunidad de llevar a cabo la presente investigación, así como por facilitarme los recursos, medios y apoyo logístico indispensables para su realización.

A mis distinguidos docentes de Maestría en Salud Pública, por la generosidad con la que han compartido sus conocimientos, experiencias y valores, contribuyendo de manera decisiva al fortalecimiento de mi formación académica y a mi crecimiento como profesional comprometido con el bienestar social.

A mi asesora, la Dra. Rosario del Pilar Telles Velásquez, por su invaluable orientación, paciencia y compromiso durante todo el proceso de asesoramiento; su guía experta y su respaldo constante han sido determinantes para la culminación exitosa de este trabajo académico.

Eliseo Aime Cjanahuire

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción del problema	3
1.1.1. Identificación del problema	3
1.2. Formulación del problema.....	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Formulación de problemas específicos.....	4
1.3. Justificación e importancia	5
1.4. Alcances y limitaciones	6
1.5. Objetivos de la investigación.....	6
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos	7
1.6. Hipótesis	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes de estudio.....	8
2.1.1. Ámbito internacional	8
2.1.2. Ámbito nacional.....	9
2.1.3. Ámbito local	11
2.2. Bases teóricas.....	11
2.2.1. Concentración de arsénico en fuentes de agua	11
2.2.2. Concentración de arsénico en la carcasa del cuy	12
2.3. Definición de términos.....	14
CAPÍTULO III: MARCO FILOSÓFICO.....	16
3.1. El Bienestar Animal y la Justicia Ambiental	16
3.2. La Responsabilidad Ambiental y la Sostenibilidad	16
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17

4.1. Tipo y diseño de la investigación	17
4.2. Población y muestra.....	17
4.2.1. Población	17
4.2.2. Muestra	18
4.2.3. Criterios de inclusión y exclusión.....	18
4.3. Caracterización de variables	19
4.3.1. Identificación de variables	19
4.3.2. Definición de variables	19
4.3.3. Operacionalización de variables	21
4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	22
4.4.1. Técnicas	22
4.4.2. Instrumentos.....	22
4.5. Procedimiento de recolección de datos.....	25
4.5.1. Variable 1: concentración de arsénico en fuentes de agua	25
4.5.2. Variable 2: concentración de arsénico en carcasa del cuy	26
4.6. Procesamiento y análisis de datos.....	29
4.7. Aspectos éticos	30
4.7.1. Bienestar Animal	30
CAPÍTULO V: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	32
5.1. Resultados.....	32
5.1.1. Variable 1: Análisis de concentración de arsénico en las fuentes de agua. 32	
5.1.2. Variable 2: Análisis de concentración de arsénico en carcasa de cuyes, expuestos a distintas fuentes de agua.....	35
5.1.3. Análisis de asociación entre la concentración de arsénico en fuentes de agua y su bioacumulación en carcasa de cuyes	38
DISCUSIONES	48
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del experimento en la etapa de recría de cuyes	26
Tabla 2. Requerimientos nutricionales de los cuyes	28
Tabla 3. Contenido nutricional del alimento balanceado (Tomasino carne - cuy).....	28
Tabla 4. Concentración media de arsénico en fuentes de agua utilizadas en la alimentación de cuyes	32
Tabla 5. Análisis comparativo de concentración de arsénico en fuentes de agua mediante prueba de Tukey al 95 % de confianza	33
Tabla 6. Concentración media de arsénico en carcasa de cuyes, según fuente de agua suministrada	35
Tabla 7. Análisis comparativo de arsénico en carcasa de cuyes por tipo de agua suministrada, mediante prueba de Tukey al 95 % de confianza	36
Tabla 8. Concentración de arsénico en agua industrial y en carcasa de cuyes expuestos	38
Tabla 9. Asociación entre la concentración de arsénico en agua industrial y su bioacumulación en carcasa de cuyes	39
Tabla 10. Comparación de concentración de arsénico entre el agua industrial y carcasa de cuyes, mediante prueba t para muestras emparejadas.....	40
Tabla 11. Concentración de arsénico en agua potable y en carcasa de cuyes expuestos	40
Tabla 12. Asociación entre la concentración de arsénico en agua potable y su bioacumulación en carcasa de cuyes	41
Tabla 13. Comparación de concentración de arsénico entre el agua potable y carcasa de cuyes, mediante prueba t para muestras emparejadas.....	42
Tabla 14. Concentración de arsénico en agua del río Uchusuma y en carcasa de cuyes expuestos.....	43
Tabla 15. Asociación entre la concentración de arsénico en agua del río Uchusuma y su bioacumulación en carcasa de cuyes.....	44
Tabla 16. Comparación de concentración de arsénico entre el agua del río Uchusuma y carcasa de cuyes, mediante prueba t para muestras emparejadas	45
Tabla 17. Concentración de arsénico en el agua del río Caplina y en la carcasa de cuyes expuestos.....	45

Tabla 18. Asociación entre la concentración de arsénico en agua del río Caplina y su bioacumulación en carcasa de cuyes	47
Tabla 19. Comparación de concentración de arsénico entre el agua del río Caplina y carcasa de cuyes, mediante prueba t para muestras emparejadas	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fuentes de agua con concentraciones permisibles y no permisibles de arsénico	33
Figura 2. Concentración media de arsénico en fuentes de agua evaluadas	34
Figura 3. Concentraciones permisibles y no permisibles de arsénico en carcasa de cuyes por tipo de agua suministrada	36
Figura 4. Concentración media de arsénico en carcasa de cuyes según la fuente de agua suministrada	37
Figura 5. Concentración media de arsénico en agua industrial y en carcasa de cuyes expuestos.....	39
Figura 6. Concentración media de arsénico en agua potable en carcasa de cuyes expuestos.....	41
Figura 7. Concentración media de arsénico en agua del río Uchusuma y en carcasa de cuyes expuestos.....	44
Figura 8. Concentración media de arsénico en agua del río Caplina y en carcasa de cuyes expuestos.....	46

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociada a cuatro fuentes de agua de la región de Tacna, 2024. Metodología: El estudio de enfoque cuantitativo, se llevó a cabo con un diseño descriptivo, correlacional y de corte longitudinal. Se utilizó una muestra no probabilística por conveniencia, compuesta por 24 cuyes machos y fueron distribuidos en cuatro tratamientos, a cada uno de los cuales se les suministró una fuente de agua: industrial, potable, del río Uchusuma y del río Caplina. Los análisis estadísticos incluyeron pruebas descriptivas, ANOVA, prueba de Tukey, correlación de Pearson y una prueba t de Student para muestras emparejadas, todas con un nivel de confianza del 95 %. Los resultados mostraron que, de las fuentes evaluadas, solo el agua del río Caplina excedió el límite máximo permisible de arsénico (0,225 mg/L), establecido por la normativa nacional (0,2 mg/L). En contraste, la concentración de arsénico en carcasa de cuyes fue baja en todos los tratamientos (promedio: 0,035 mg/Kg), sin superar el límite de 0,5 mg/Kg para consumo humano. No se encontró una correlación lineal estadísticamente significativa entre los niveles de arsénico en agua y en carcasa de cuyes ($p > 0,05$). Sin embargo, la prueba t emparejada sí evidenció diferencias significativas entre ambas matrices, sugiriendo un proceso de bioacumulación. Conclusión: La investigación concluye que, si bien el arsénico está presente en algunas fuentes de agua de la región y se acumula en carcasa del cuy, las concentraciones en tejido animal se mantienen dentro de límites seguros para el consumo humano.

Palabras clave: arsénico, cuy, bioacumulación, agua.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the concentration of arsenic in guinea pig carcasses associated with four water sources in the Tacna region, 2024. Methodology: The quantitative study was carried out using a descriptive, correlational, and longitudinal design. A non-probabilistic convenience sample was used, consisting of 24 male guinea pigs, which were distributed into four treatments, each of which was supplied with a water source: industrial, drinking water, water from the Uchusuma River, and water from the Caplina River. Statistical analyses included descriptive tests, ANOVA, Tukey's test, Pearson's correlation, and a Student's t-test for paired samples, all with a 95 % confidence level. The results showed that, of the sources evaluated, only the water from the Caplina River exceeded the maximum permissible limit for arsenic (0,225 mg/L), established by national regulations (0,2 mg/L). In contrast, the concentration of arsenic in guinea pig carcasses was low in all treatments (average: 0,035 mg/Kg), without exceeding the limit of 0,5 mg/Kg for human consumption. No statistically significant linear correlation was found between arsenic levels in water and in guinea pig carcasses ($p > 0,05$). However, the paired t-test did show significant differences between the two matrices, suggesting a process of bioaccumulation. Conclusion: The research concludes that, although arsenic is present in some water sources in the region and accumulates in guinea pig carcasses, concentrations in animal tissue remain within safe limits for human consumption.

Keywords: arsenic, guinea pig, bioaccumulation, water.

INTRODUCCIÓN

El arsénico (As) es un elemento químico que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre, con una concentración promedio de aproximadamente 2 ppm. Aunque puede estar presente en diversos tejidos biológicos, no desempeña ninguna función fisiológica conocida. La exposición a concentraciones elevadas de arsénico se asocia con efectos tóxicos severos, incluyendo cáncer, enfermedades cardiovasculares y alteraciones neurológicas (1).

En el Perú, el arsénico constituye un problema de salud pública que afecta principalmente a las poblaciones rurales que dependen del agua subterránea para su consumo y riego. La región de Tacna, ubicada en el sur del país, no es ajena a esta problemática. Diversos estudios han reportado niveles elevados de arsénico en las aguas superficiales de la región, lo que ha generado preocupación por su potencial impacto en la salud de la población (2).

El cuy (*Cavia porcellus*) es un roedor comestible ampliamente consumido en la región de Tacna. Su carne destaca por su elevado contenido de proteínas y minerales, constituyendo una valiosa fuente de nutrientes para la población. No obstante, investigaciones recientes sugieren que el cuy podría bioacumular arsénico proveniente del agua y los alimentos. Se ha documentado en hígados de pollo una concentración promedio de arsénico de 5,61 mg/Kg, la cual excede el valor de referencia de 0,50 mg/Kg establecido por el Codex Alimentarius (3).

Esta investigación consta de cinco capítulos. El primer capítulo, “Planteamiento del problema”, hace referencia a la descripción y formulación del problema, la justificación e importancia, los alcances y limitaciones, los objetivos y la formulación de la hipótesis. El segundo capítulo describe el marco teórico, que comprende los antecedentes internacionales, nacionales y locales; las bases teóricas —fuentes de agua y arsénico—, y la definición de términos. El tercer capítulo define el marco filosófico, que abarca el bienestar animal, la justificación ambiental, la responsabilidad ambiental y la sostenibilidad. El cuarto capítulo describe la metodología, que incluye el tipo y diseño de

la investigación, la población y muestra (criterios de inclusión y exclusión), la caracterización de variables (identificación y definición), las técnicas e instrumentos de recolección de datos, los procedimientos de recolección (fuentes de agua, concentración de arsénico en la carcasa del cuy, ubicación geográfica y temporal, distribución de animales, instalaciones y manejo del experimento, animales de investigación, suministro de raciones alimenticias —agua—, toma de muestra de carcasa de los cuyes para el análisis de concentración de arsénico, procesamiento y análisis de datos) y los aspectos éticos relacionados con el bienestar animal. Finalmente, el quinto capítulo detalla los resultados, que incluyen el análisis de la concentración de arsénico en las fuentes de agua y en las carcasas de cuyes expuestos a distintas fuentes, para culminar con la discusión, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

1.1.1. Identificación del problema

El arsénico (As) es un metaloide natural presente en la corteza terrestre, con una concentración promedio de 2 mg/Kg que varía según la geología del suelo (4, 5). Este elemento puede ingresar al cuerpo humano en pequeñas cantidades a través del aire, el agua y los alimentos (5). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido un límite máximo de 0,01 mg/L de arsénico en el agua potable (5).

El arsénico es un reconocido agente carcinogénico que ocasiona múltiples efectos adversos en la salud a corto y largo plazo. La principal vía de exposición humana no ocupacional es a través del consumo de agua y alimentos contaminados. Si bien la normativa para este elemento varía entre países, se basa en los estándares de la OMS, el Codex Alimentarius y la Unión Europea (6). A nivel global, alimentos como el pescado, mariscos, pollo, carnes, arroz y algas marinas suelen tener niveles elevados de arsénico superiores a 0,50 mg/Kg (6,7).

En el Perú, la situación es preocupante. Desde 2018, se ha detectado que las concentraciones de arsénico en el agua subterránea de la costa norte superan los límites permitidos por la normativa nacional (8). Específicamente en la ciudad de Tacna, el nivel medio de arsénico en el agua potable es de 0,056 mg/L, un valor significativamente superior al establecido por la OMS. Se han identificado las mayores concentraciones en distritos como Pocollay, Ciudad Nueva y Tacna Cercado (9). El consumo de agua contaminada conduce a la bioacumulación del arsénico en los tejidos, afectando a los organismos expuestos (10).

El cuy (*Cavia porcellus*) es un roedor nativo de Sudamérica, valorado en la región andina por su carne, una importante fuente de proteínas, vitaminas y minerales, destacándose por su alto contenido de hierro (11). No obstante, la ingesta de agua

contaminada con arsénico por parte de los cuyes puede provocar la bioacumulación del metaloide en sus tejidos, lo que representa un riesgo inminente para la salud pública a través de la cadena alimentaria (2). La falta de información sobre la concentración de arsénico en la carcasa de los cuyes, en un entorno con fuentes de agua contaminadas, genera una brecha crítica en el conocimiento científico. El estudio empleó cuatro fuentes de agua para la producción de cuyes: agua industrial, agua potable, agua del río Uchusuma y agua del río Caplina. El efecto de estas fuentes en la bioacumulación de arsénico en la carcasa de los animales aún no ha sido determinado completamente, siendo el objetivo determinar la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociada a cuatro fuentes de agua de la región de Tacna, 2024; con el fin generar evidencia científica que permita evaluar el riesgo para la salud pública y servir de base para la formulación de políticas de salud pública y la toma de decisiones en la región.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociado a cuatro fuentes de agua de la región Tacna, 2024?

1.2.2. Formulación de problemas específicos

- a) ¿Cuál es la concentración de arsénico en las cuatro fuentes agua?
- b) ¿Cuál es la concentración de arsénico en la carcasa del cuy?
- c) ¿Cuál es la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociado a la fuente de agua industrial de la región de Tacna, 2024?
- d) ¿Cuál es la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociado a la fuente de agua potable de la región de Tacna, 2024?
- e) ¿Cuál es la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociado a la fuente de agua del río Uchusuma de la región de Tacna, 2024?
- f) ¿Cuál es la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociado a la fuente de agua del río Caplina de la región de Tacna, 2024?

1.3. Justificación e importancia

Los resultados de la investigación evidencian un riesgo para la salud pública en la región de Tacna, debido a la acumulación de arsénico en la carcasa de los cuyes destinados al consumo humano. Asimismo, el estudio contribuye a generar conciencia sobre esta problemática (5).

La presencia de arsénico en la carne del cuy puede tener un impacto significativo en la economía de la región de Tacna. Los consumidores pueden ser reacios a comprar carne de cuy si existe la preocupación de que pueda ser dañina para su salud. Esto podría llevar a una disminución en la demanda de carne de cuy y a una pérdida de ingresos para los productores de cuyes.

En el ámbito social, el cuy es un alimento tradicional de la gastronomía peruana, y su consumo es importante para la seguridad alimentaria de la población (12). La investigación podría ayudar a garantizar la calidad de la carne de cuy, lo que contribuirá a mejorar la salud y el bienestar de la población. Los resultados de esta investigación podrían contribuir a proteger a la población de Tacna de los riesgos asociados al consumo de cuyes provenientes de fuentes de agua con altos niveles de arsénico (13).

La investigación posee una considerable relevancia práctica al abordar un problema de salud pública con implicaciones directas en la población de la región de Tacna, Perú. Se centra en la acumulación de arsénico en la carne del cuy, un animal de consumo creciente en la zona, debido a la ingesta de agua contaminada con este metaloide. La exposición prolongada al arsénico, incluso en bajas concentraciones, ha sido científicamente vinculada a diversas enfermedades crónicas, como cáncer, problemas cardiovasculares y neurológicos, entre otros (5).

El arsénico es un elemento químico altamente tóxico que puede causar problemas en la salud, incluyendo cáncer y múltiples efectos negativos sobre la salud humana a corto y largo plazo. Se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre y está presente en rocas, suelos, agua y aire. Su mayor amenaza para la salud pública reside en la utilización de agua contaminada para consumo, preparar alimentos y regar cultivos (12).

Los cuyes son una fuente importante de alimento para las personas en el país (11). Sin embargo, el arsénico puede acumularse en la carcasa de los cuyes que consumen agua contaminada. Esto representa un riesgo para la salud de las personas que consumen carne de cuy contaminada con arsénico (10).

El objetivo de esta investigación fue determinar la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociado a cuatro fuentes de agua de la región de Tacna, 2024, en el que se utilizaron cuatro fuentes de agua: agua industrial, agua potable, río Uchusuma y río Caplina (13,14).

1.4. Alcances y limitaciones

Se consideraron los siguientes aspectos:

- Área geográfica: La presente investigación se llevó a cabo en la provincia y departamento de Tacna.
- Época o periodo: La investigación se realizó durante los meses de enero a febrero del año 2025.
- Financiamiento: Los gastos de la presente investigación fueron autofinanciados
- Tiempo disponible: La aplicación de los instrumentos fueron durante el análisis de las muestras, tanto las fuentes de agua y carcasa de los cuyes.
- Ámbito específico: La investigación se realizó en el Módulo (galpón) del Proyecto de Investigación de cuyes, situado en "Los Pichones Sur" de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann a 560 m s. n. m.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociado a cuatro fuentes de agua de la región de Tacna, 2024.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la concentración de arsénico en las cuatro fuentes agua.
- b) Determinar la concentración de arsénico en la carcasa del cuy.
- c) Determinar la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociado a la fuente de agua industrial de la región de Tacna, 2024.
- d) Determinar la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociado a la fuente de agua potable de la región de Tacna, 2024.
- e) Determinar la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociado a la fuente de agua del río Uchusuma de la región de Tacna, 2024.
- f) Determinar la concentración de arsénico en la carcasa del cuy asociado a la fuente de agua del río Caplina de la región de Tacna, 2024.

1.6. Hipótesis

H1: la concentración de arsénico en la carcasa del cuy está directamente asociada con la concentración de arsénico en las fuentes de agua utilizadas en la crianza de cuyes en Tacna, 2024.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Se ha revisado la literatura y base de datos habiéndose identificado los siguientes antecedentes sobre el tema:

2.1.1. Ámbito internacional

Herrera (10). El objetivo de la investigación fue determinar la bioacumulación de arsénico en ratas Wistar, tanto a través de la exposición directa al agua contaminada como mediante la exposición indirecta por medio de la placenta y la leche materna. También se investigó la influencia de un suplemento vitamínico en la bioacumulación de arsénico. Para ello, se dividieron las ratas en dos grupos: un grupo control, que recibió agua potable sin arsénico, y un grupo experimental, que recibió agua potable contaminada con arsénico a una concentración de 50 ppm. El grupo experimental se subdividió, a su vez, en dos subgrupos: uno que recibió el suplemento vitamínico y otro que no lo recibió. Al final de la lactancia, se extrajeron los órganos de las ratas y se analizaron para determinar la concentración de arsénico. Los resultados mostraron que la bioacumulación de arsénico fue significativamente mayor en las madres que en las crías. En cuanto a la distribución del arsénico, se encontró que este se acumulaba principalmente en el bazo, seguido por el hígado, el riñón y el cerebro. El suplemento vitamínico administrado a las madres redujo la bioacumulación de arsénico en un 30 %.

Naula (15). Se llevó a cabo un estudio titulado: “Determinación de la presencia de arsénico en balanceados, gallinazas y vísceras de pollos”. Inicialmente, se evaluaron diferentes métodos de digestión de materia orgánica con el fin de seleccionar el más adecuado para el análisis del arsénico. Una vez identificado el método óptimo, las muestras fueron digeridas y analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica, técnica que resultó eficaz al permitir la cuantificación de concentraciones dentro del rango de detección del equipo. Los resultados evidenciaron concentraciones de arsénico de 51,76 ppm en el hígado y 50,86 ppm en las mollejas de pollo, valores que

superan ampliamente el límite máximo permitido de 0,5 ppm, establecido por los organismos de salud.

Pérez et al. (16). Una investigación determinó la presencia de arsénico en tejidos de origen bovino en el sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina. El arsénico es un contaminante natural del agua subterránea en dicho país, especialmente en el sudeste de la provincia de Córdoba. La información sobre la transferencia de arsénico a los alimentos, especialmente a la carne, es limitada. En este estudio se analizaron las concentraciones de arsénico en el riñón, el hígado, el músculo y la glándula mamaria de bovinos de la zona de estudio. Los órganos con las concentraciones más altas de arsénico fueron el hígado y el riñón. Los niveles de arsénico en el hígado variaron entre 27,0 y 46,5 ng/g, y en el riñón, entre 24,0 y 73,2 ng/g. Las concentraciones de arsénico en el músculo y la glándula mamaria fueron inferiores al límite de detección de la técnica utilizada, mientras que los valores determinados en los demás tejidos se mantuvieron dentro de los límites establecidos a nivel nacional.

Ponce et al. (17). El estudio tituló: “Determinación de arsénico total e inorgánico en carne y vísceras de camélidos (*Lama glama*) autóctonos de la provincia de Jujuy, Argentina”. Los resultados mostraron que los niveles de arsénico total (AsT) eran más altos en el hígado (0,19–0,45 ng/g) que en el músculo (0,06–0,26 ng/g). Sin embargo, en ninguno de los casos se superaron los límites máximos permitidos por la legislación argentina. Los niveles de arsénico inorgánico (AsI) en el músculo fueron bajos (0,002–0,006 ng/g). Este es el primer estudio que informa sobre los niveles de AsI en el músculo de llama.

2.1.2. **Ámbito nacional**

Condori y Málaga (18). El objetivo del estudio fue determinar los niveles de concentración de plomo y arsénico en leche y pelos de vacas de la cuenca lechera del valle de Moquegua. Se obtuvieron 12 muestras de leche y 12 muestras de pelo, debidamente identificadas, para cuantificar las variables de estudio. Los resultados indicaron que los niveles de arsénico fueron de 0,9616 mg/Kg en pelo y 0,0916 mg/Kg en leche de vacas. Los dos metales analizados, tanto en la leche como en el pelo de las

vacas alimentadas con pastos regados con agua del río Torata, superaron los límites máximos permisibles.

Huanqui (19). Una investigación titulada: “Determinación de metales pesados en pastos, fibra, carne y vísceras de alpacas en comunidades del distrito de Ananea – Puno”, se desarrolló a 4 610 m s. n. m., con el propósito de determinar las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en alpacas criadas en zonas de actividad minera. Los metales pesados representan un riesgo para la salud pública, ya que producen efectos negativos en humanos, animales y en el ambiente. Los resultados mostraron la presencia de arsénico en la fibra de alpaca (1,721 $\mu\text{g}/\text{Kg}$), mientras que en la carne y las vísceras no se detectó este metal. En general, los niveles de metales pesados en los músculos y las vísceras de alpacas se encontraron dentro de los límites máximos permisibles establecidos por las normas alimentarias internacionales.

Iquise (20). Un estudio titulado: “Metales pesados en carne y vísceras de alpacas de dos comunidades del distrito de Ananea”, se realizó en Pampa Blanca y Trapiche, donde se evaluaron las concentraciones de metales pesados en alpacas de dos grupos etarios: menores de dos años y mayores de siete años. Los resultados indicaron que no se detectaron niveles de plomo ni de arsénico en las muestras analizadas. En conclusión, las concentraciones de metales pesados en los músculos y las vísceras de alpacas mayores de siete años de ambas comunidades se encontraron dentro de los límites máximos permisibles establecidos por los estándares globales de seguridad alimentaria.

Ñaccha y Aguilar (21). Un estudio denominado: “Determinación cuantitativa de plomo, cadmio y arsénico en hígado de ganado bovino expendido en el mercado Ciudad de Dios – San Juan de Miraflores, durante el periodo mayo – agosto de 2015”, obtuvo resultados de bioacumulación de arsénico en las muestras de hígado que superaron los límites establecidos por el Reglamento Técnico del Mercosur y el Diario Oficial de la Unión Europea. El nivel promedio de arsénico fue de 1,25 mg/Kg , con un valor mínimo de 0,28 mg/Kg y un valor máximo de 2,66 mg/Kg . Estas cifras indican que las muestras de hígado de ganado bovino del mercado Ciudad de Dios, en San Juan de Miraflores, contienen metales pesados, lo cual representa un riesgo potencial para la salud pública.

2.1.3. Ámbito local

Cory (3). Hace referencia en su estudio denominado “Determinación de arsénico total en hígado de pollo distribuido por proveedores avícolas de la ciudad de Tacna, 2022”. La investigación se realizó en la ciudad de Tacna, donde se evaluó la concentración de arsénico total en hígados de pollo distribuidos por proveedores avícolas. Para ello, se entrevistó a una muestra de 40 avicultores y se recolectaron un total de 40 muestras de hígados de pollo. Los resultados del estudio mostraron que la concentración promedio de arsénico en los hígados de pollo fue de 5,61 mg/Kg, lo que supera el valor referencial establecido por el Codex Alimentarius.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concentración de arsénico en fuentes de agua

2.2.1.1. Situación de fuentes de agua en la región de Tacna

El arsénico (As) es un metaloide que presenta propiedades tanto metálicas como no metálicas. Con número atómico 33, se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre y está presente en rocas, suelos, agua y aire. Su principal riesgo para la salud pública proviene del consumo de agua contaminada, ya sea para beber, preparar alimentos o regar cultivos. La exposición crónica a este elemento puede provocar cáncer, lesiones cutáneas, trastornos del desarrollo, enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad y diabetes. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los niveles de arsénico en el agua potable no deben exceder los 0,01 mg/L. En la localidad de Tacna se registran niveles elevados de arsénico, con un promedio de 0,056 mg/L, lo que supone valores hasta cuatro veces superiores a los normales en los caños de agua potable de diferentes distritos. Además, se observa un incremento en los tipos de cáncer relacionados con la exposición al arsénico, como los cánceres de piel, estómago y vesícula, entre otros. Se recomienda instalar sistemas de eliminación del arsénico, ya que la ciudad de Tacna, por ser una zona volcánica, presenta altos niveles de este metaloide. Otra opción podría ser recolectar agua con bajos niveles de arsénico de manera temporal (12).

Los niveles más altos de arsénico en las piletas de agua potable fueron detectados en los distritos de Pocollay, Ciudad Nueva y Tacna Cercado. Las neoplasias malignas más frecuentes en EsSalud Tacna durante los años 2010-2011 fueron: cáncer de piel (29 %), cuello uterino (14 %), mama (10 %), estómago (8 %), colon (6 %), linfoma (5 %), próstata (5 %), pulmón (4 %), vesícula (3 %), ovario (3 %) y otros (13 %). Existe un elevado nivel de contaminación del agua potable con arsénico, superando más de cinco veces el valor permitido por la Organización Mundial de la Salud y la legislación peruana. Los cánceres más frecuentes en la ciudad de Tacna son de origen epitelial, principalmente cáncer de piel, mama, próstata, cuello uterino y pulmón (9).

En Tacna, el 65 % de las muestras registraron niveles de arsénico (As) por encima del límite máximo permisible (LMP) de 0,01 mg/L. La presencia de arsénico en el ámbito urbano se debe a la contaminación natural de las aguas superficiales que abastecen a la ciudad (el 93 % de la población está concentrada en la ciudad de Tacna). En el ámbito rural, la presencia de arsénico se debe también a una contaminación natural de las fuentes de agua, y los sistemas de abastecimiento funcionan por gravedad sin tratamiento. Por lo tanto, es necesario buscar otras fuentes de suministro o implementar tecnologías de remoción de este metaloide. En el sistema Uchusuma, la contaminación de las aguas por arsénico, boro y otros elementos ocurre de forma natural debido a la presencia de manantiales geotermales ubicados en distintos puntos de la cordillera. En el sistema Caplina, se detecta un alto contenido de aluminio, hierro y manganeso (14).

2.2.2. Concentración de arsénico en la carcasa del cuy

2.2.2.1. El arsénico

El arsénico es la causa más común de intoxicación aguda por metales pesados en los adultos. Aunque el arsénico no es un metal, sino un metaloide, lo que básicamente significa que tiene propiedades de metal y de no metal. El arsénico es liberado al medio ambiente por la industria de productos químicos y llega a los suministros de agua en todo el mundo por la exposición de la vida marina. El arsénico es un elemento tóxico que puede afectar diversos sistemas del organismo, entre ellos, el sanguíneo, renal, nervioso, digestivo, respiratorio, hepático y tegumentario. La exposición prolongada genera

alteraciones gastrointestinales (dolor abdominal, náuseas, vómitos y diarrea), neurológicas (mareos, parestesias, somnolencia, parálisis y deterioro cognitivo), hematológicas (anemia y hemólisis) y dermatológicas (hiperpigmentación, hiperqueratosis y dermatitis). Asimismo, se asocia con daño hepático y renal, trastornos respiratorios y un mayor riesgo de desarrollar cáncer, especialmente de pulmón. Estos efectos evidencian el impacto sistémico del arsénico y su relevancia como agente de riesgo para la salud pública (5).

2.2.2.2. Niveles de arsénico de los alimentos de origen animal

El arsénico es un agente carcinogénico y ocasiona múltiples efectos negativos sobre la salud humana a corto y largo plazo. La exposición humana no ocupacional al arsénico se da principalmente a través del agua y los alimentos. La normativa es variable para cada país y se basa en los estándares de la Organización Mundial de la Salud, el Codex Alimentarius y la Unión Europea. Muchos estudios se enfocan en determinar el contenido total de arsénico, pero no identifican las especies arsenicales en los alimentos. A nivel global, el pescado y los mariscos, el pollo, las carnes, el arroz y las algas marinas presentan niveles elevados de arsénico. En Perú, existen escasos estudios sobre el contenido de arsénico total y especies arsenicales en los alimentos, a pesar de que se cuenta con zonas con altos niveles de contaminación ambiental (6).

La presencia de metales pesados en el ambiente y los alimentos, de acuerdo con lo descrito, puede desencadenar diversas intoxicaciones que causan daños irreparables en la salud humana y animal, tan graves como efectos teratogénicos, cáncer e incluso la muerte. Es importante considerar que las elevadas concentraciones de dichos metales en el organismo de los seres vivos alteran los procesos bioquímicos y fisiológicos, ocasionando diversas patologías (22).

La concentración de arsénico (As) en los alimentos es variable. Los alimentos de origen animal y vegetal presentan, en general, un contenido de As que varía entre 0,1 y 0,9 $\mu\text{g/g}$. El consumo total de As dependerá, entonces, de su concentración en el alimento y del porcentaje que este representa en la ración (23).

2.2.2.3. Situación de producción de cuyes en el Perú

El cuy también conocido como cobayo o curí, es un animal de la clase mamífero y del orden roedor. Se dice que se originó en las regiones andinas de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. La historia cuenta que esta especie animal tiene una antigüedad de 2 500 a 3 600 años de domesticación. El Perú cuenta con la mayor población de cuyes y también es el principal consumidor (11). Mediante la información del Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (24), a través del IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) en asociación con el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) en ese entonces, se informó sobre los resultados oficiales de 12 695 030 de cifra poblacional de cuyes. Por otro lado, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego con su sigla MIDAGRI, mediante el Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA (25). , publicó un informe poblacional que evidencia un incremento de 16 520 092 cuyes en el año 2015 a 19 725 802 en el 2019. Finalmente, Chauca (11), señala que el cuy forma parte de un producto alimenticio de gran importancia nutricional y constituye parte de la canasta básica de la población, en especial de las zonas rurales de bajos recursos económicos.

2.3. Definición de términos

Agua: Es un recurso natural renovable e indispensable para la vida. Se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso y constituye el principal componente de los recursos hídricos (26).

Agua potable: Agua limpia y libre de microorganismos patógenos que al ser consumida por la población o los animales, no produce efectos nocivos para la salud y reúne los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos establecidos por las autoridades competentes (27).

Arsenio (As): Es un metaloide de olor aliáceo, que se encuentra como elemento natural en la corteza terrestre, con una concentración promedio de 2 mg/Kg dependiendo de la estructura geológica de suelo (5).

Carcasa: Unidad cárnica primaria constituida por dos mitades del animal, resultante del faenado de los animales de abasto, desprovista de piel y menudencias (27).

Carne: Parte muscular comestible, constituida por todos los tejidos blandos que rodean el esqueleto, incluyendo su cobertura, grasas, tendones, vasos, nervios, aponeurosis, y todos aquellos tejidos no separados durante la operación de la faena. Además, se considera carne al músculo diafragmático (27).

Cuy: El cuy (cobayo o curí) es un mamífero roedor originario de la zona andina de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. El cuy constituye un producto alimenticio de alto valor nutricional que contribuye a la seguridad alimentaria de la población rural de escasos recursos (28).

Límite Máximo Permisible (LMP): Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos o biológicos que caracterizan una emisión y que, al ser excedidos, causan o pueden causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (29).

CAPÍTULO III

MARCO FILOSÓFICO

3.1. El Bienestar Animal y la Justicia Ambiental

El estudio de la concentración de arsénico en la carcasa de cuyes, asociada a cuatro fuentes de agua de la región de Tacna en el año 2024, se basa en los principios del bienestar animal y la justicia ambiental. El bienestar animal busca garantizar que los cuyes vivan en condiciones adecuadas, libres de dolor y de enfermedades. Sin embargo, la exposición al arsénico en el agua puede afectar su salud, provocando alteraciones en el crecimiento, la reproducción y el sistema nervioso. Por su parte, la justicia ambiental promueve un entorno saludable y equitativo, protegiendo a las especies y comunidades de la contaminación. En este sentido, los cuyes pueden considerarse organismos sensibles a la contaminación ambiental, ya que reflejan los efectos del arsénico presente en su entorno. De esta manera, el estudio analiza el consumo de agua contaminada con arsénico y su bioacumulación en los cuyes, con el fin de comprender sus efectos y contribuir a la protección de su bienestar (3,30).

3.2. La Responsabilidad Ambiental y la Sostenibilidad

La presencia de arsénico en las fuentes de agua de la región de Tacna también representa una preocupación desde la perspectiva de la justicia ambiental. Las comunidades que dependen de estas fuentes de agua para su consumo y la crianza de animales, como los cuyes, se encuentran en una situación de vulnerabilidad ambiental. La exposición al arsénico puede afectar la salud humana y animal, además de limitar las oportunidades de desarrollo económico y social de las comunidades. Este estudio busca contribuir a la protección del medio ambiente y la salud pública, promoviendo prácticas sostenibles en el manejo del agua y en la crianza de cuyes (9,31).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y diseño de la investigación

a investigación es de tipo básico, dado que se enfoca en la generación de teoría y el fortalecimiento del conocimiento. El estudio presenta un enfoque correlacional, dado que se identificaron y analizaron las posibles relaciones entre las concentraciones de arsénico presentes en las fuentes de agua suministradas a los cuyes y las detectadas en sus carcasas. Se caracteriza por un enfoque cuantitativo, orientado a la recolección de datos numéricos que permiten el análisis objetivo de las variables consideradas en el estudio (32).

El diseño es de tipo no experimental, ya que no se intervino directamente en la manipulación de las variables, sino que se observaron y analizaron los fenómenos tal como se presentaron en su entorno natural. Asimismo, se trata de una investigación de carácter observacional, la cual consiste en examinar y registrar los procesos sin alterar su desarrollo. Finalmente, es de corte longitudinal porque se evaluó la concentración de arsénico en las fuentes de agua utilizadas para la alimentación de los cuyes y, posteriormente, se analizó su bioacumulación en la carne de los animales, considerando la secuencia temporal entre la exposición y el efecto (32).

4.2. Población y muestra

4.2.1. Población

Fue constituida por 24 cuyes machos destetados de tipo I, con dos semanas de edad (14 días), procedentes de la granja de cuyes ubicada en el sector Piedras Blancas del distrito de Calana – Tacna.

4.2.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por el 100 % de la población, conformada por 24 cuyes machos destetados de tipo I, con 14 días de edad, provenientes de la granja ubicada en el sector Piedras Blancas, distrito de Calana – Tacna.

El muestreo fue de tipo no probabilístico por conveniencia, dado que los animales se seleccionaron en función de la disponibilidad y del cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión definidos para el estudio.

El tamaño muestral correspondió a la totalidad de la población, organizada en cuatro tratamientos de estudio, cada uno integrado por seis cuyes.

4.2.3. Criterios de inclusión y exclusión

4.2.3.1. Criterio de inclusión

- Cuyes de tipo I (clasificación según su tipo de pelaje).
- Cuyes con edad cronológica de 9 semanas de vida
- Cuyes (carcasas) procesados en el laboratorio de Certificaciones Del Perú (CERPER)
- Cuyes alimentados con concentrado y fuente de agua designado
- Cuyes machos
- Solo tomó el análisis de la carcasa del cuy (músculo).

4.2.3.2. Criterios de exclusión

- Cuyes de tipo II, III y IV
- Cuyes alimentados con forraje y otros alimentos
- Cuyes mayores de 9 semanas de vida
- Cuyes con malformaciones
- Cuyes de sexo hembra
- Otras partes del organismo del cuy.

4.3. Caracterización de variables

4.3.1. Identificación de variables

- **Variable 1:** Concentración arsénico en fuentes de agua.
- **Variable 2:** Concentración de arsénico en carcasa (músculo) del cuy.

4.3.2. Definición de variables

4.3.2.1. V1: Concentración de arsénico en fuentes de agua

Definición conceptual

Las fuentes de agua son los lugares de donde se obtiene el recurso hídrico para diversas actividades, como el consumo humano y la producción agropecuaria. Estas pueden contaminarse con arsénico, un metaloide de origen natural o antrópico, que, al disolverse en el agua, representa un riesgo para la salud de los seres vivos (5,33).

Definición operacional

El arsénico es un elemento químico natural que se encuentra en el agua, el suelo y el aire. La concentración de arsénico en el agua puede variar dependiendo de la fuente de agua. Las aguas subterráneas suelen tener una concentración de arsénico más alta que las aguas superficiales. La concentración de arsénico en el agua potable debe ser inferior a 0,01 mg/L, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Sin embargo, en algunas regiones del mundo, la concentración de arsénico en el agua potable puede ser mucho más alta (5). Según el Ministerio del Ambiente (MINAM) del Perú, en su norma técnica de niveles máximos permisibles de arsénico en agua de consumo para animales, este valor es de 0,2 mg/L (34)

4.3.2.2. V2: Concentración de arsénico en la carcasa del cuy

Definición conceptual

El arsénico es un metaloide que se encuentra naturalmente en el medio ambiente. Puede ser tóxico para los humanos y los animales, y causar una variedad de problemas de salud, como cáncer, daño al sistema nervioso y otras afecciones. La concentración de arsénico en la carcasa de los cuyes puede variar dependiendo de la fuente de agua que consuman los animales (5).

Definición operacional

En general, los animales (cuyes) que consumen agua con alto contenido de arsénico presentan una mayor concentración de este elemento en su carcasa. Esto se debe a que el arsénico se absorbe a través del tracto digestivo y se acumula en los tejidos del cuerpo. El límite máximo permitido de bioacumulación de arsénico en la carne de animales destinados al consumo humano, según el Reglamento Técnico del MERCOSUR, es de 0,50 mg/Kg (7).

A continuación, se expone la operacionalización de la variable independiente y de la variable dependiente de la investigación:

4.3.3. Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad/categoría	Escala
Variable 1: Concentración de arsénico en fuentes de agua.	Fuente de agua industrial	Concentración de arsénico	Valor permisible ($\leq 0,2$ mg/L) Valor no permisible ($> 0,2$ mg/L)	Continua
	Fuente de agua potable	Concentración de arsénico	Valor permisible ($\leq 0,2$ mg/L) Valor no permisible ($> 0,2$ mg/L)	Continua
	Fuente de agua del río Uchusuma	Concentración de arsénico	Valor permisible ($\leq 0,2$ mg/L) Valor no permisible ($> 0,2$ mg/L)	Continua
	Fuente de agua del río Caplina	Concentración de arsénico	Valor permisible ($\leq 0,2$ mg/L) Valor no permisible ($> 0,2$ mg/L)	Continua
Variable 2: Concentración de arsénico en carcasa del cuy.	Carcasa del cuy	Concentración de arsénico	Valor permisible ($\leq 0,5$ mg/Kg) Valor no permisible ($> 0,5$ mg/Kg)	Continua

4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

4.4.1. Técnicas

- El método de investigación fue deductivo y cuantitativo (de grande a pequeño)
- La técnica fue observacional

4.4.2. Instrumentos

El instrumento constó de dos partes: la ficha de recolección de datos para el análisis de la concentración de arsénico en las fuentes de agua y la ficha de recolección de datos para el análisis de la concentración de arsénico en la carcasa del cuy. Ambos instrumentos fueron elaborados por el autor de la investigación con el propósito de recopilar los datos del estudio.

Instrumento N° 01

Instrumento de concentración de arsénico en fuentes de agua

La ficha de recolección de datos de concentración de arsénico en las fuentes de agua consta de 2 dimensiones con categoría de respuestas de valor permisible y valor no permisible (34).

Cuadro 1. Ficha de recolección de datos para la variable 1: Concentración de arsénico en fuentes de agua utilizadas en alimentación de cuyes

Ficha de recolección de datos					
Ubicación geográfica					
Departamento: Tacna					
Provincia: Tacna					
Distrito: Tacna					
Muestra					
Tipo de muestra: Agua			Finalidad: consumo animal		
Fuente de agua	Parámetro evaluado	N° de muestra	Resultado (mg/L)	Valor permisible ($\leq 0,2$ mg/L)	Valor no permisible ($> 0,2$ mg/L)
Agua industrial	Concentración de arsénico	1			
		2			
		3			
		Promedio			
Agua potable	Concentración de arsénico	1			
		2			
		3			
		Promedio			
Río Uchusuma	Concentración de arsénico	1			
		2			
		3			
		Promedio			
Río Caplina	Concentración de arsénico	1			
		2			
		3			
		Promedio			

Instrumento N° 02**Instrumento de concentración de arsénico en la carcasa del cuy**

La ficha de recolección de datos de concentración de arsénico en carcasa del cuy, que contiene 2 dimensiones con categoría de respuestas de valor permisible y valor no permisible (7).

Cuadro 2. Ficha de recolección de datos para la variable 2: Concentración de arsénico en carcasa de cuyes

Ficha de recolección de datos					
Ubicación geográfica					
Departamento: Tacna					
Provincia: Tacna					
Distrito: Tacna					
Muestra					
Tipo de muestra: Carne de cuy			Finalidad: consumo humano		
Tratamiento	Parámetro evaluado	N° de muestra	Resultado (mg/Kg)	Valor permisible ($\leq 0,5$ mg/Kg)	Valor no permisible ($> 0,5$ mg/Kg)
T1: Agua industrial	Concentración de arsénico	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		Promedio			
T2: Agua potable	Concentración de arsénico	1			
		2			
		3			
		4			
		5			

Ficha de recolección de datos					
		6			
		Promedio			
T3: Río Uchusuma	Concentración de arsénico	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		Promedio			
T4: Río Caplina	Concentración de arsénico	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		Promedio			

4.5. Procedimiento de recolección de datos

Para la recolección de los datos se procedió de la siguiente manera:

4.5.1. Variable 1: concentración de arsénico en fuentes de agua

4.5.1.1. Procedimiento de recolección muestras de fuentes de agua para el análisis de concentración de arsénico.

Luego de la aprobación del proyecto de tesis, con un resultado de menos del 10 % de similitud en el programa Turnitin por la Dirección de Posgrado de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, se tomaron muestras de agua de las cuatro fuentes en recipientes, provenientes de los siguientes lugares: T1: agua industrial (agua de consumo humano); T2: agua potable de la pileta del módulo (galpón) del Proyecto de Investigación

de Cuyes de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; T3: río Uchusuma, del canal de regadío del lateral 1 de Para Grande – Tacna; y T4: río Caplina, del canal de regadío de la parcela 01 de Para Grande – Tacna. Luego, fueron enviadas debidamente rotuladas por vía aérea al Laboratorio de Certificaciones del Perú (CERPER), en una caja de tecnopor con geles refrigerantes, para su respectivo análisis de la concentración de arsénico.

4.5.2. Variable 2: concentración de arsénico en carcasa del cuy

4.5.2.1. Ubicación geográfica y temporal

El estudio se llevó a cabo en el módulo (galpón) del Proyecto de Investigación de Cuyes, situado en “Los Pichones Sur”, de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, a 560 m s. n. m., entre las coordenadas 17°39'30" de latitud sur y 70°14'22" de longitud oeste. El clima es semiárido húmedo, con una temperatura promedio de 26,37 °C y una humedad promedio de 60,91 % (35).

4.5.2.2. Distribución de animales

Se empleó el método de balotaje, que consiste en enumerar 6 balotas del N°1, 6 balotas del N°2, 6 balotas del N°3 y 6 balotas del N°4; para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente. Luego, se extrajo las balotas enumeradas al azar y seguidamente los cuyes fueron distribuidos de la jaula de transporte a la jaula experimental por tratamientos (36).

Tabla 1. Características del experimento en la etapa de recría de cuyes

Tratamientos	Jaula	cuyes/jaula	cuyes/trat.
T1: Fuente de agua industrial	1	6	6
T2: Fuente de agua potable	1	6	6
T3: Fuente de agua del río Uchusuma	1	6	6
T4: Fuente de agua del río Caplina	1	6	6
Total			24

4.5.2.3. Instalaciones y manejo del experimento

Antes del ingreso de los semovientes al galpón, se realizaron labores de limpieza, colocación de cortinas, adecuación de las jaulas y desinfección de todas las instalaciones, materiales y equipos. Se dispuso de cuatro jaulas con dimensiones de 1,00 m de largo × 0,90 m de ancho × 0,45 m de alto, cada una con patas de 0,45 m de altura, equipadas con forrajeras de malla y canaletas de PVC. El espacio asignado fue de 1500 cm² por cuy (90 cm × 16,66 cm). El galpón tuvo dimensiones de 10,50 m de largo × 8,00 m de ancho, con un área total de 84 m². La alimentación consistió en una dieta integral a base de alimento balanceado en pellets, vitamina C y agua. El alimento balanceado se suministró en comederos tipo tolva con capacidad de 6 Kg, mientras que el agua se ofreció ad libitum, mediante un sistema de cañería con bebederos tipo chupón, abastecidos por un contenedor de 20 litros. Las actividades diarias incluyeron el manejo de cortinas y calefactores, la limpieza de comederos, el mantenimiento del sistema de bebederos (balde, cañerías y chupones), la recolección de estiércol y el aseo del piso del galpón y de las canaletas.

4.5.2.4. Animales de investigación (semovientes)

Después de una semana de desinfección del galpón, materiales y equipos, se llevó a cabo la adquisición, distribución aleatoria e identificación (aretado en el pabellón de la oreja derecha) de los animales en sus respectivas jaulas o tratamientos, dispuestos con comederos, forrajeras y bebederos. Para tal caso, se emplearon 24 animales, agrupados en cuatro tratamientos, cada uno compuesto por seis cuyes. El periodo de investigación fue de siete semanas (49 días), tiempo que transcurre hasta la comercialización.

4.5.2.5. Suministro de raciones alimenticias

El suministro de alimento se realizó según el siguiente cronograma (programa de alimentación): turno mañana (8:00 a. m. – 8:30 a. m.) y turno tarde (4:00 p. m. – 4:30 p. m.). La dosis de suministro de la ración alimenticia fue del 10 % del peso vivo en materia verde. El suministro de fuentes de agua fue ad libitum, así como la limpieza de los materiales y equipos, se realizaron a diario en horas de la mañana, de 8:00 a. m. a 8:30 a. m. Se empleó alimento balanceado peletizado Tomasino Carne-Cuy con vitamina C.

Tabla 2. Requerimientos nutricionales de los cuyes

Nutrientes	Cantidad
Energía Digestible (Mcal/Kg)	3,00
Proteína Total (%)	18,00
Fibra Cruda (%)	15,00
<u>Aminoácidos</u>	
Lisina (%)	0,84
Metionina (%)	0,36
Metionina + Cistina (%)	0,60
Arginina (%)	1,20
Treonina (%)	0,60
Triptófano (%)	0,18
<u>Minerales</u>	
Calcio (%)	0,80
Fósforo (%)	0,40
Sodio (%)	0,20
<u>Vitaminas</u>	
Ácido ascórbico (mg/100g)	20,00

Fuente: National Research Council (37).

Tabla 3. Contenido nutricional del alimento balanceado (Tomasino carne - cuy)

Ensayos	Unidad	Resultados
Humedad	g/100g	12,52
Materia seca	g/100g	87,48
Ceniza	g/100g	6,20
Proteína (N x 6,25)	g/100g	16,68
Energía total	Kcal/100g	347,17
Carbohidratos totales	g/100g	60,19
Grasa	g/100g	4,41
Vitamina C	mg/100g	4,30

Fuente: Laboratorio Físico Químico de alimentos – Certificaciones del Perú S.A. – CERPER (38).

4.5.2.6. Toma de muestra de carcasa de cuyes para el análisis de concentración de arsénico

Luego de siete semanas de investigación, se procedió al beneficio de los 24 cuyes del estudio, previamente sometidos a un periodo de ayuno de 12 horas. Las carcasas obtenidas fueron etiquetadas individualmente, según los cuatro tratamientos (agua industrial, agua potable, río Uchusuma y río Caplina), y posteriormente congeladas. Las 24 muestras (media carcasa) fueron enviadas por vía aérea al Laboratorio de Certificaciones del Perú (CERPER), ubicado en la Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao, en una caja de tecnopor con geles refrigerantes, asegurando la cadena de frío durante el transporte para su análisis correspondiente de concentración de arsénico.

4.6. Procesamiento y análisis de datos

- Una vez obtenida la información correspondiente al presente estudio, los datos fueron ordenados, codificados y registrados en una matriz de datos elaborada en el programa Microsoft Excel, versión 2019, como etapa previa al procesamiento estadístico.
- El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software especializado Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 26,0, el cual permitió aplicar tanto estadística descriptiva como inferencial, de acuerdo con los objetivos del estudio.
- Análisis univariado: Para describir las características generales de las variables estudiadas, se aplicaron técnicas de estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central (media) y medidas de dispersión (desviación estándar), lo que permitió resumir y caracterizar los datos de concentración de arsénico en las fuentes de agua y en la carcasa de los cuyes.
- Análisis inferencial: Con el propósito de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos experimentales, tanto en las concentraciones de arsénico en las diferentes fuentes de agua como en las carcasas de los cuyes suministrados con dichas fuentes, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) considerando un nivel de confianza del 95 %. En los casos en que se identificaron diferencias significativas, se procedió con la prueba de Tukey, la

cual permitió establecer comparaciones múltiples y definir agrupaciones homogéneas entre los tratamientos evaluados.

- **Análisis bivariado:** Para evaluar la posible asociación entre la concentración de arsénico en fuentes de agua (variable independiente) y su acumulación en carcasa de cuyes (variable dependiente), se utilizó la prueba t de Student para muestras relacionadas, complementada con el coeficiente de correlación de Pearson, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$. Esta estrategia permitió verificar si existía una relación lineal significativa entre ambas variables.
- **Presentación de resultados:** La información procesada fue organizada mediante tablas de contingencia de una y doble entrada, elaboradas en función de los objetivos de la investigación. Asimismo, se diseñaron gráficos estadísticos que facilitaron la visualización y comprensión de los resultados obtenidos en el estudio.

4.7. Aspectos éticos

Este estudio se llevó a cabo respetando los principios establecidos en el Código de Ética para la investigación científica, garantizando el cumplimiento de la Ley de Protección y Bienestar Animal vigente en el país.

El responsable del estudio se comprometió a velar por el trato ético y humanitario de los animales durante todas las etapas del experimento, minimizando el sufrimiento y asegurando condiciones adecuadas de manejo, cuidado y sacrificio, conforme a las normativas bioéticas correspondientes.

4.7.1. Bienestar Animal

- **Protección de la salud humana:** El arsénico es un elemento altamente tóxico. Si los cuyes se crían con agua contaminada con arsénico, su carne puede contener niveles peligrosos para el consumo humano. La investigación ética debe garantizar que los resultados sean comunicados efectivamente a las autoridades y a la población para minimizar los riesgos de intoxicación.

- **Bienestar animal:** El arsénico es un elemento altamente tóxico. Si los cuyes se crían con agua contaminada con arsénico, su carne puede contener niveles peligrosos para el consumo humano. La investigación ética debe garantizar que los resultados sean comunicados efectivamente a las autoridades y a la población para minimizar los riesgos de intoxicación.
- **Transparencia y consentimiento:** Se utilizaron cuyes de una granja, para lo cual se obtuvo el consentimiento informado del productor. Se le informó sobre los objetivos del estudio, los posibles riesgos para los animales y las medidas que se tomarían para garantizar su bienestar.

CAPÍTULO V

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Resultados

5.1.1. Variable 1: Análisis de concentración de arsénico en las fuentes de agua.

Tabla 4. Concentración media de arsénico en fuentes de agua utilizadas en la alimentación de cuyes

Variable 1	Tratamiento	Resultados (mg/L)	Valor permisible ($\leq 0,2$ mg/L)	Valor no permisible ($> 0,2$ mg/L)
Fuentes de agua	Agua industrial	0,012 \pm 0,001	✓	
	Agua potable	0,034 \pm 0,000	✓	
	Río Uchusuma	0,190 \pm 0,005	✓	
	Río Caplina	0,225 \pm 0,002		✓
Promedio		0,115 \pm 0,097		

Fuente: Resultados de los análisis emitidos por el Laboratorio de Metales de Certificaciones del Perú S.A.

Interpretación

La Tabla 4 muestra que las fuentes de agua industrial, potable y del río Uchusuma presentaron concentraciones de arsénico dentro del límite permisible ($\leq 0,2$ mg/L), mientras que el río Caplina lo excedió (0,225 mg/L), lo que evidencia diferencias en la calidad del recurso hídrico disponible para el consumo animal.

Figura 1. Fuentes de agua con concentraciones permisibles y no permisibles de arsénico

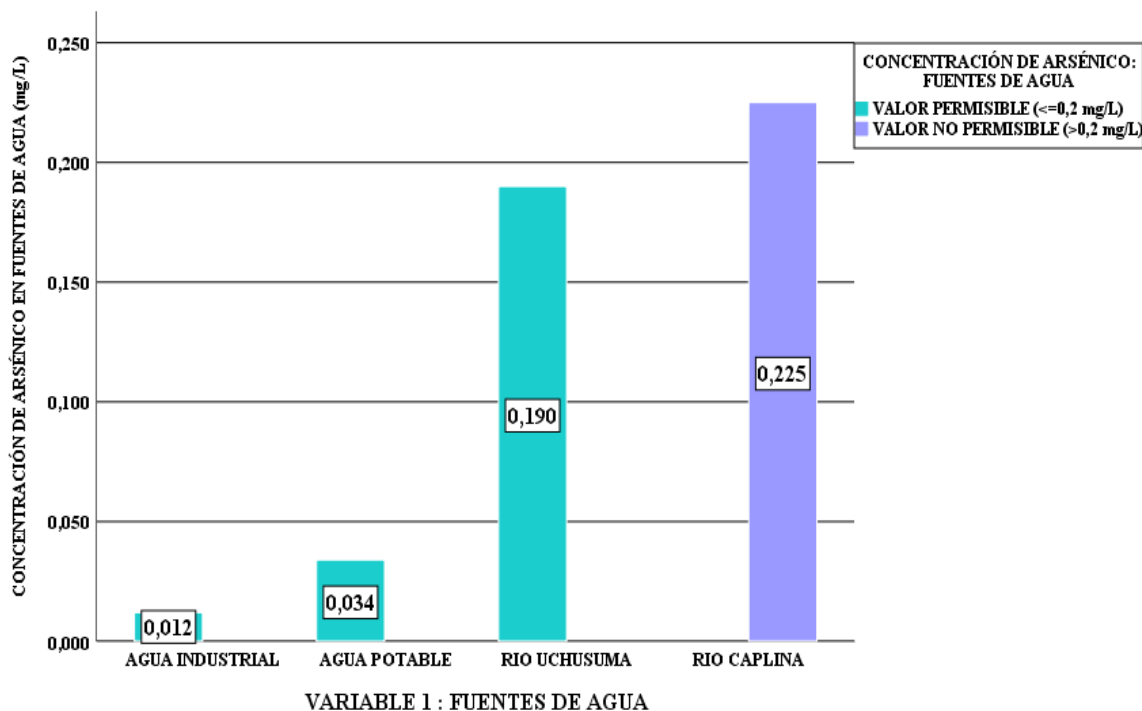


Tabla 5. Análisis comparativo de concentración de arsénico en fuentes de agua mediante prueba de Tukey al 95 % de confianza

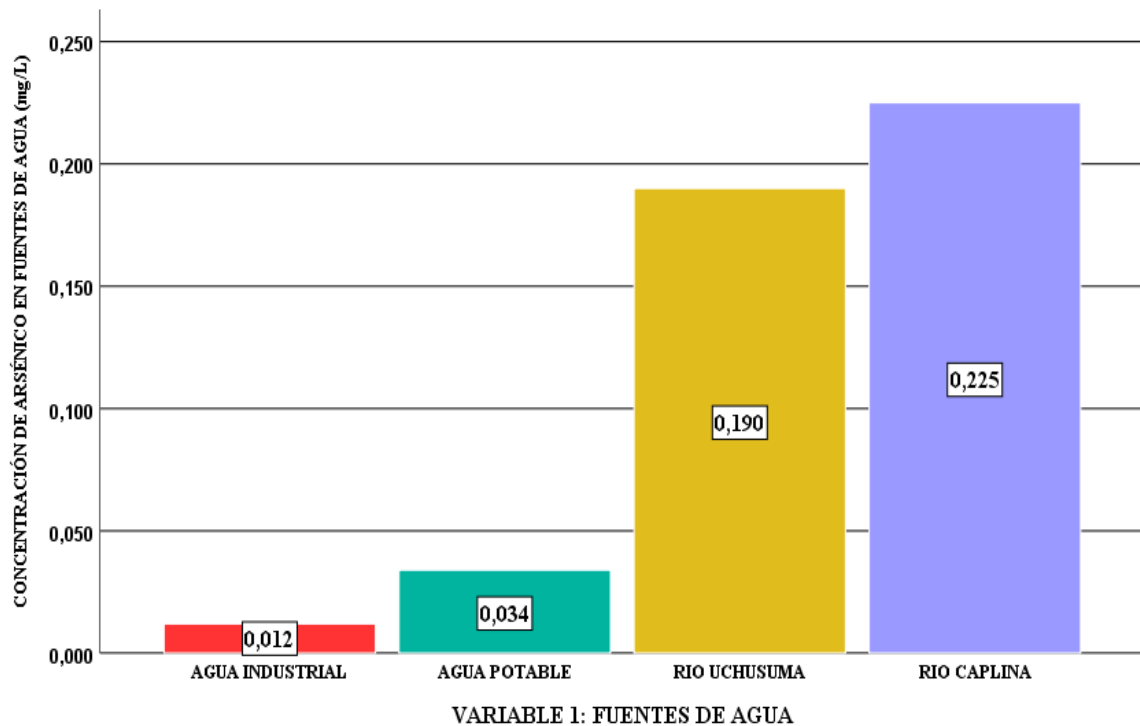
Variable 1	Tratamiento	Nº	Promedio (mg/L)	Agrupación
Fuentes de agua	Agua industrial	3	0,012±0,001	A
	Agua potable	3	0,034±0,000	B
	Río Uchusuma	3	0,190±0,005	C
	Río Caplina	3	0,225±0,002	D
Promedio			0,115±0,097	

Interpretación

La Tabla 5 muestra la comparación de los promedios de concentración de arsénico en cuatro fuentes de agua, utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 %. Los resultados revelan diferencias estadísticamente significativas entre todas las

fuentes, ya que cada una se ubicó en un grupo distinto de la prueba (A, B, C y D). En particular, el agua industrial presentó la menor concentración (0,012 mg/L), mientras que el río Caplina registró el valor más alto (0,225 mg/L), lo que indica que superó el límite permisible establecido.

Figura 2. Concentración media de arsénico en fuentes de agua evaluadas



5.1.2. Variable 2: Análisis de concentración de arsénico en carcasa de cuyes, expuestos a distintas fuentes de agua

Tabla 6. Concentración media de arsénico en carcasa de cuyes, según fuente de agua suministrada

Variable 2	Tratamiento	Resultados (mg/Kg)	Valor permisible ($\leq 0,5$ mg/Kg)	Valor no permisible ($> 0,5$ mg/Kg)
Concentración de arsénico en carcasa del cuy	Agua industrial	0,037 \pm 0,008	✓	
	Agua potable	0,029 \pm 0,007	✓	
	Río Uchusuma	0,032 \pm 0,013	✓	
	Río Caplina	0,043 \pm 0,006	✓	
	Promedio	0,035 \pm 0,010		

Fuente: Resultados de los análisis emitidos por el Laboratorio de Metales de Certificaciones del Perú S.A.

Interpretación

La Tabla 6 muestra la concentración promedio de arsénico en las carcasas de los cuyes según las cuatro fuentes de agua evaluadas, la cual se mantuvo por debajo del límite permisible ($\leq 0,5$ mg/Kg) en todos los casos. Esto indica que, si bien hubo bioacumulación del metal en los tejidos, los niveles registrados no superaron el valor máximo permisible establecido para el consumo.

Figura 3. Concentraciones permisibles y no permisibles de arsénico en carcasa de cuyes por tipo de agua suministrada

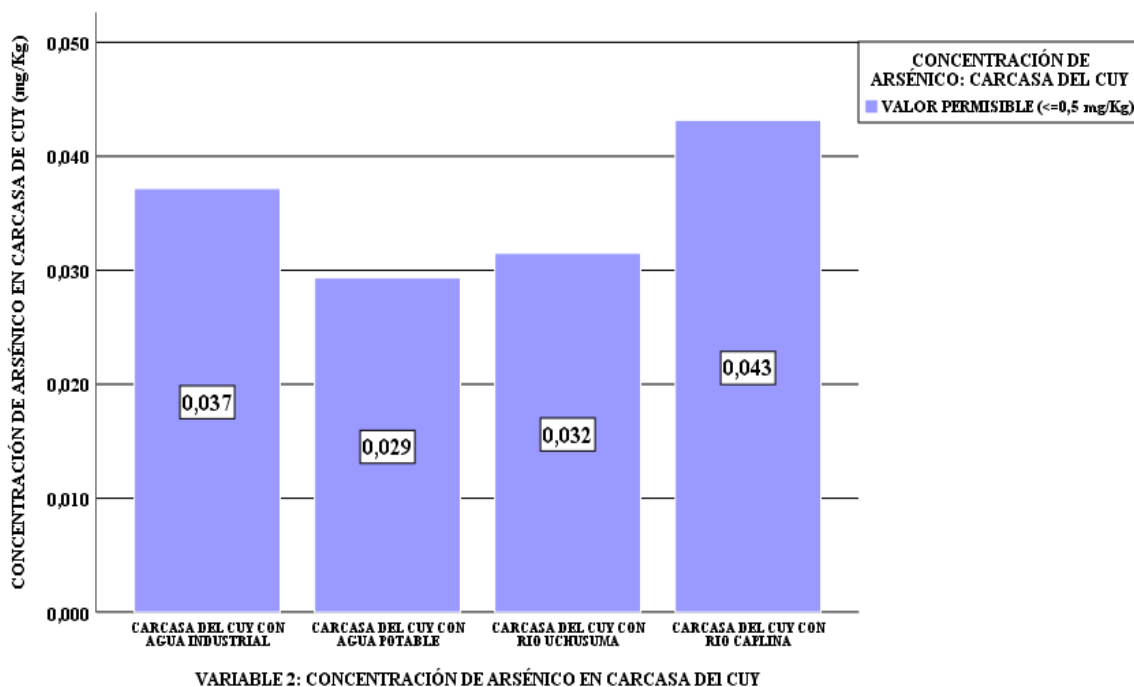


Tabla 7. Análisis comparativo de arsénico en carcasa de cuyes por tipo de agua suministrada, mediante prueba de Tukey al 95 % de confianza

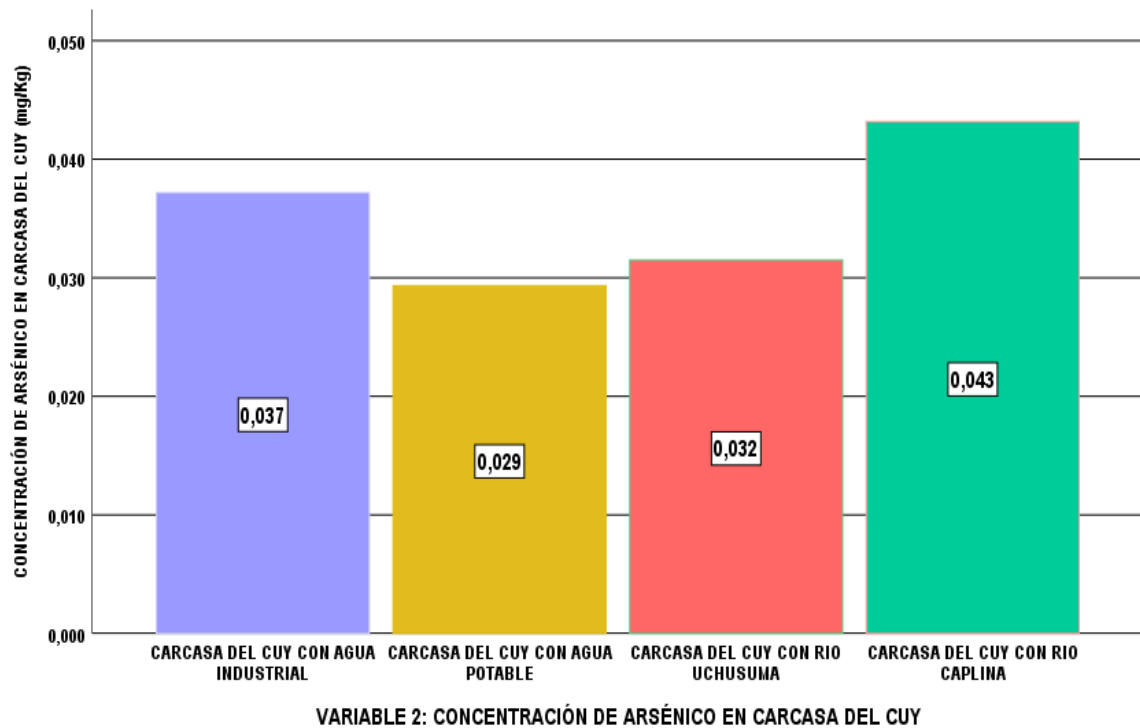
Variable 2	Tratamiento	Nº	Promedio (mg/L)	Agrupación
Concentración de arsénico en carcasa del cuy	Agua industrial	6	0,037±0,008	A
	Agua potable	6	0,029±0,007	A
	Río Uchusuma	6	0,032±0,013	A
	Río Caplina	6	0,043±0,006	A
Promedio			0,035±0,010	

Interpretación

La Tabla 7 muestra la comparación de los promedios de concentración de arsénico en las carcasas de los cuyes, según la fuente de agua, utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 %. Los resultados indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, ya que todos fueron clasificados en la

misma categoría (A). Esto sugiere que la acumulación de arsénico en los tejidos fue similar, independientemente del tipo de agua suministrada.

Figura 4. Concentración media de arsénico en carcasa de cuyes según la fuente de agua suministrada



5.1.3. Análisis de asociación entre la concentración de arsénico en fuentes de agua y su bioacumulación en carcasa de cuyes

Tabla 8. Concentración de arsénico en agua industrial y en carcasa de cuyes expuestos

Variables	Promedio	Desviación estándar
Concentración de arsénico en agua industrial (mg/L)	0,012	0,001
Concentración de arsénico en carcasa del cuy con agua industrial (mg/Kg)	0,037	0,008

Interpretación

En la Tabla 8 se muestra que la concentración promedio de arsénico en el agua industrial fue de 0,012 mg/L, con una desviación estándar de $\pm 0,001$. Por otro lado, los cuyes que fueron alimentados con esta fuente de agua presentaron una concentración promedio de arsénico en la carcasa de 0,037 mg/Kg, con una desviación estándar de $\pm 0,008$. Esto indica que, aunque la concentración de arsénico en el agua fue baja, se produjo una acumulación detectable en los tejidos de los animales expuestos.

Figura 5. Concentración media de arsénico en agua industrial y en carcasa de cuyes expuestos

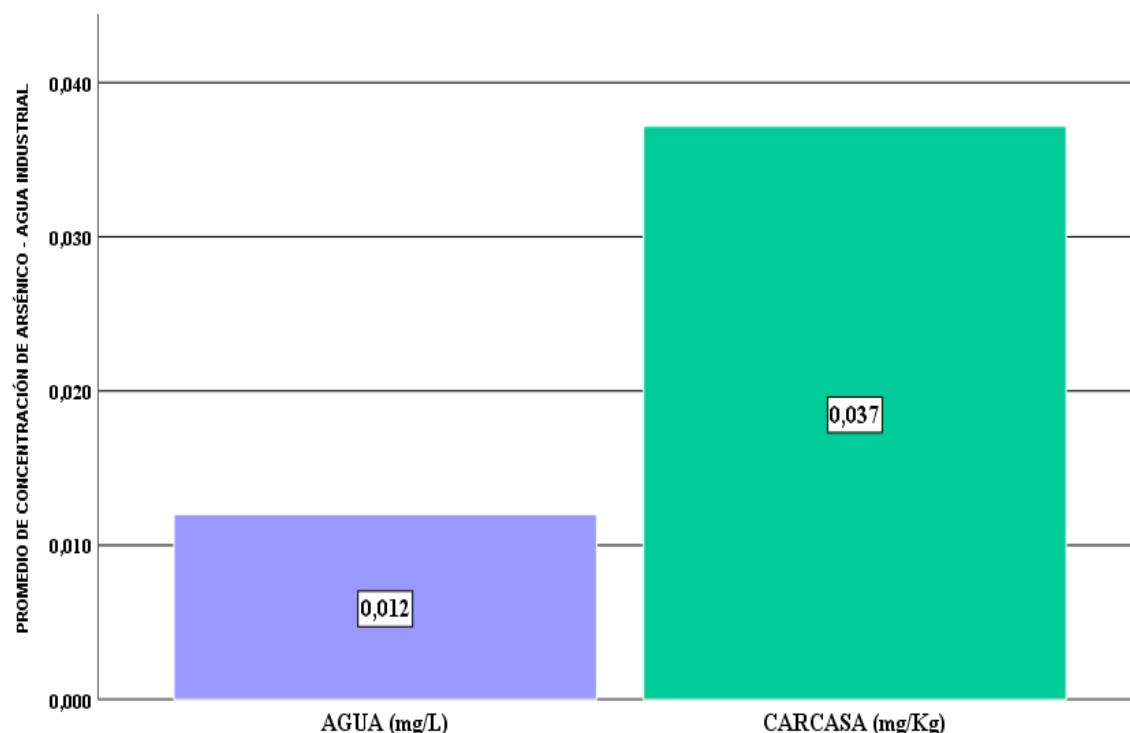


Tabla 9. Asociación entre la concentración de arsénico en agua industrial y su bioacumulación en carcasa de cuyes

Variables	Correlación	Sig.
Concentración de arsénico en agua industrial (mg/L) & Concentración de arsénico en carcasa del cuy con agua industrial (mg/Kg)	-0,152	0,773

Interpretación

En la Tabla 9 se muestra el análisis de correlación entre la concentración de arsénico en el agua industrial y la concentración de arsénico en la carcasa de los cuyes suministrados con la mencionada fuente de agua. El coeficiente de correlación de Pearson fue $r = -0,152$ con un valor de significancia $p = 0,773$, lo cual indica que la relación entre ambas variables no fue estadísticamente significativa. Este resultado sugiere que no existe

una asociación lineal sólida entre las concentraciones de arsénico en el agua y en los tejidos animales a nivel individual, por lo que no se puede afirmar que un menor contenido de arsénico en el agua se relacione directamente con una mayor bioacumulación en la carcasa.

Tabla 10. Comparación de concentración de arsénico entre el agua industrial y carcasa de cuyes, mediante prueba t para muestras emparejadas

Variables	t	Sig.
Concentración de arsénico en agua industrial (mg/L) - Concentración de arsénico en carcasa del cuy con agua industrial (mg/Kg)	-7,318	0,001

Interpretación

En la Tabla 10 se muestra la diferencia significativa entre las medias ($t = -7,318$; $p = 0,001$), donde la concentración promedio en la carcasa fue mayor que en el agua. El resultado sugiere que el arsénico puede acumularse en la carne, independientemente de la concentración directa del agua consumida por cada animal.

Tabla 11. Concentración de arsénico en agua potable y en carcasa de cuyes expuestos

Variables	Promedio	Desviación estándar
Concentración de arsénico en agua potable (mg/L)	0,034	0,000
Concentración de arsénico en carcasa del cuy con agua potable (mg/Kg)	0,029	0,007

Interpretación

En la tabla 11 se muestra la concentración promedio de arsénico en el agua potable, que fue de 0,034 mg/L ($\pm 0,000$), mientras que en la carcasa de los cuyes que consumieron dicha fuente de agua se registró un promedio de 0,029 mg/Kg ($\pm 0,007$). Este

valor sugiere que las exposiciones continuas pueden resultar en la incorporación del metal en los tejidos biológicos, lo cual podría representar un riesgo potencial si se mantiene en el tiempo en los animales destinados al consumo humano.

Figura 6. Concentración media de arsénico en agua potable en carcasa de cuyes expuestos

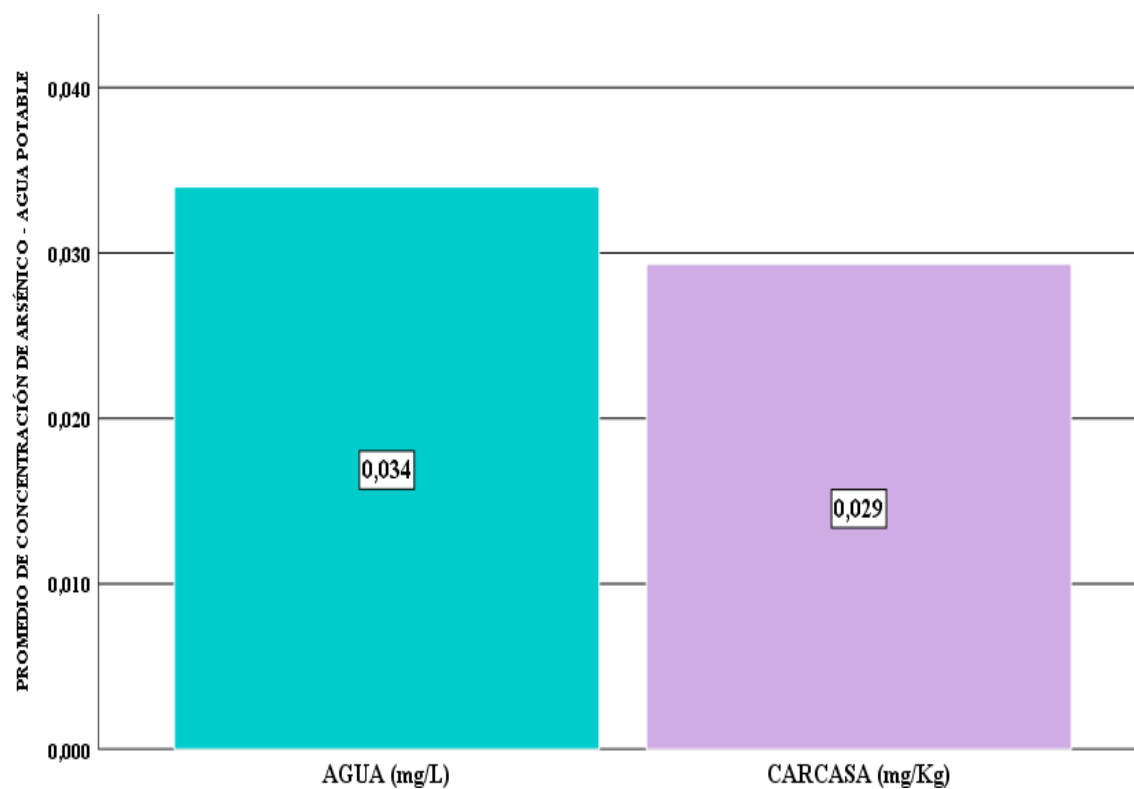


Tabla 12. Asociación entre la concentración de arsénico en agua potable y su bioacumulación en carcasa de cuyes

Variables	Correlación	Sig.
Concentración de arsénico en agua potable (mg/L) & Concentración de arsénico en carcasa del cuy con agua potable (mg/Kg)	-0,668	0,130

Interpretación

En la Tabla 12 se muestra el análisis de correlación entre la concentración de arsénico en el agua de fuente potable y en la carcasa de los cuyes expuestos. El coeficiente de correlación de Pearson fue $r = -0,668$, con un valor de significancia de $p = 0,130$, lo que indica una correlación negativa moderada, aunque no estadísticamente significativa. Esto sugiere que no existe una relación lineal consistente entre ambas variables, por lo que no puede afirmarse que las mayores concentraciones de arsénico en el agua se asocien directamente con una menor acumulación en los tejidos animales.

Tabla 13. Comparación de concentración de arsénico entre el agua potable y carcasa de cuyes, mediante prueba t para muestras emparejadas

Variables	t	Sig.
Concentración de arsénico en agua potable (mg/L) - Concentración de arsénico en carcasa del cuy con agua potable (mg/Kg)	1,607	0,169

Interpretación

En la Tabla 13 se muestra el análisis de comparación de medias entre la concentración de arsénico en agua potable y la concentración de arsénico en la carcasa de los cuyes que consumieron dicha fuente. El valor obtenido fue $t = 1,607$, con un nivel de significancia de $p = 0,169$, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas medias. Este resultado sugiere que, bajo las condiciones del presente estudio, la exposición al agua potable no produjo una acumulación significativa de arsénico en los tejidos de los animales.

Tabla 14. Concentración de arsénico en agua del río Uchusuma y en carcasa de cuyes expuestos

Variables	Promedio	Desviación estándar
Concentración de arsénico en agua del río Uchusuma (mg/L)	0,190	0,005
Concentración de arsénico en carcasa de cuy con agua del río Uchusuma (mg/Kg)	0,032	0,013

Interpretación

En la Tabla 14 se muestra la concentración promedio de arsénico en el agua del río Uchusuma, que fue de 0,190 mg/L ($\pm 0,005$), y en la carcasa de los cuyes expuestos, de 0,032 mg/Kg ($\pm 0,013$). Aunque el valor del agua se encuentra dentro del límite máximo establecido por el MINAM (0,2 mg/L), la presencia de este metal en los tejidos confirma un proceso de bioacumulación, evidenciando que concentraciones relativamente elevadas, aun cuando sean normativamente aceptables, pueden inducir su incorporación tisular, con potenciales riesgos para la salud pública y la inocuidad alimentaria.

Figura 7. Concentración media de arsénico en agua del río Uchusuma y en carcasa de cuyes expuestos

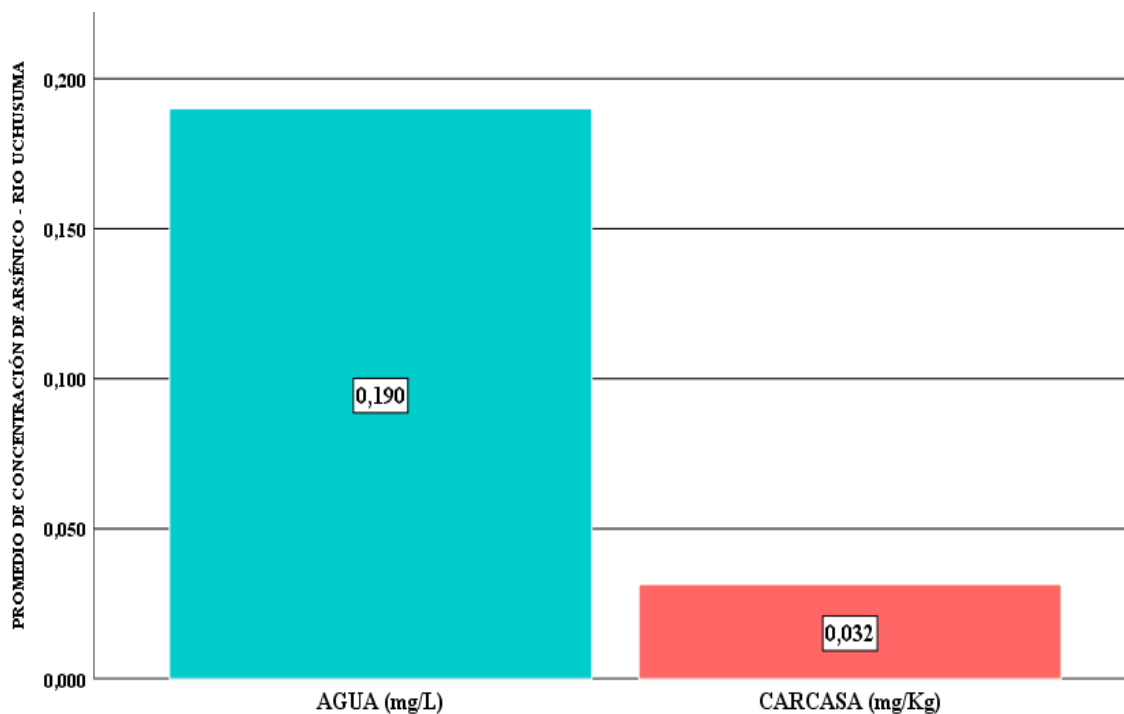


Tabla 15. Asociación entre la concentración de arsénico en agua del río Uchusuma y su bioacumulación en carcasa de cuyes

Variables	Correlación	Sig.
Concentración de arsénico en agua del río Uchusuma (mg/L) & Concentración de arsénico en carcasa de cuy con agua del río Uchusuma (mg/Kg)	-0,050	0,925

Interpretación

En la Tabla 15 se muestra el análisis de correlación entre la concentración de arsénico en el agua del río Uchusuma y la concentración presente en la carcasa de los cuyes expuestos a dicha fuente. El coeficiente de correlación de Pearson fue $r = -0,050$, con un valor de significancia de $p = 0,925$, lo que indica una correlación negativa muy débil y no estadísticamente significativa. Este resultado sugiere que no existe una relación

lineal apreciable entre ambas variables, por lo que no puede afirmarse que mayores concentraciones de arsénico en el agua se asocien directamente con una menor acumulación en los tejidos animales.

Tabla 16. Comparación de concentración de arsénico entre el agua del río Uchusuma y carcasa de cuyes, mediante prueba t para muestras emparejadas

Variables	t	Sig.
Concentración de arsénico en agua del río Uchusuma (mg/L) - Concentración de arsénico en carcasa del cuy con agua del río Uchusuma (mg/Kg)	29,509	0,000

Interpretación

En la Tabla 16 se muestra la comparación entre la concentración de arsénico en el agua del río Uchusuma y en la carcasa de los cuyes expuestos, obteniéndose $t = 29,509$ y $p = 0,000$, lo que evidencia una diferencia estadísticamente altamente significativa. Aunque el metal estuvo presente en ambas variables, su concentración fue mayor en el agua, lo que indica que solo una fracción del arsénico ingerido fue bioacumulada.

Tabla 17. Concentración de arsénico en el agua del río Caplina y en la carcasa de cuyes expuestos

Variables	Promedio	Desviación estándar
Concentración de arsénico en agua del río Caplina (mg/L)	0,225	0,002
Concentración de arsénico en la carcasa de cuy con agua del río Caplina (mg/Kg)	0,043	0,006

Interpretación

En la tabla 17 se muestra la concentración promedio de arsénico en el agua del río Caplina (0,255 mg/L), que superó el límite establecido por el MINAM (0,2 mg/L), mientras que en la carcasa de los cuyes expuestos se registró un promedio de 0,043 mg/Kg. Aunque la bioacumulación en los tejidos fue menor en comparación con el agua, la presencia del metal en los animales confirma un proceso de incorporación biológica, lo que podría representar un riesgo potencial para la salud pública si la exposición se prolonga en el tiempo.

Figura 8. Concentración media de arsénico en agua del río Caplina y en carcasa de cuyes expuestos

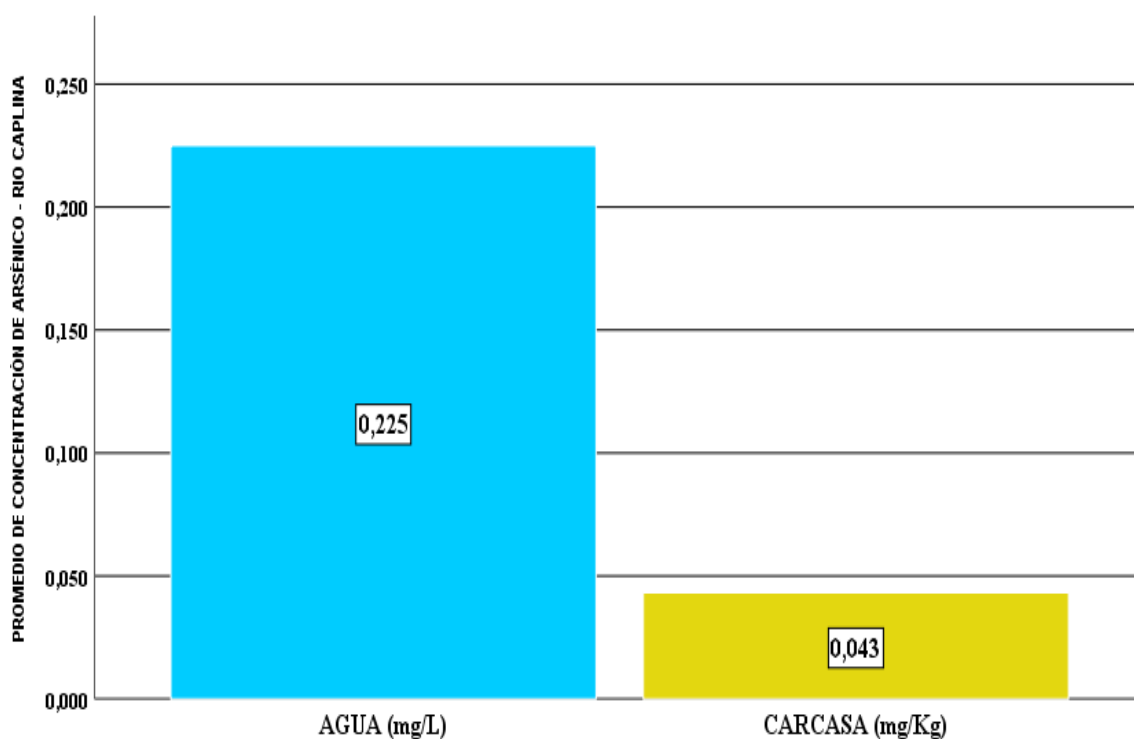


Tabla 18. Asociación entre la concentración de arsénico en agua del río Caplina y su bioacumulación en carcasa de cuyes

Variables	Correlación	Sig.
Concentración de arsénico en agua del río Caplina (mg/L) & Concentración de arsénico en carcasa de cuy con agua del río Caplina (mg/Kg)	0,000	1,000

Interpretación

En la Tabla 18 se muestra la correlación entre la concentración de arsénico en el agua del río Caplina y en la carcasa de los cuyes, la cual fue nula ($r = 0,000$; $p = 1,000$), sin significación estadística. Este resultado indica una ausencia total de relación lineal entre ambas variables, por lo que no puede establecerse que mayores concentraciones de arsénico en el agua se traduzcan en una menor acumulación en los tejidos animales.

Tabla 19. Comparación de concentración de arsénico entre el agua del río Caplina y carcasa de cuyes, mediante prueba t para muestras emparejadas

Variables	t	Sig.
Concentración de arsénico en agua del río Caplina (mg/L) - Concentración de arsénico en carcasa del cuy con agua del río Caplina (mg/Kg)	75,757	0,000

Interpretación

En la tabla 19 se muestra una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración de arsénico en el agua del río Caplina y en la carcasa de los cuyes ($t = 75,757$; $p = 0,000$), lo que indica que la concentración en el agua fue considerablemente mayor, lo cual refleja una menor bioacumulación del metal en los tejidos animales.

DISCUSIONES

Bioacumulación de arsénico en fuentes de agua y carcasa de cuyes

Los resultados del estudio demuestran que la concentración de arsénico en las fuentes de agua evaluadas en la región de Tacna presenta variaciones significativas. Se evidenció que el agua del río Caplina excede el límite máximo permisible de 0,2 mg/L establecido por la normativa nacional (34), mientras que las otras tres fuentes (agua industrial, potable y río Uchusuma) se mantuvieron dentro de límites considerados seguros.

Los resultados reflejan una preocupante heterogeneidad en la calidad del recurso hídrico disponible en la región, posiblemente atribuible a factores geológicos y geotérmicos, como señalan reportes locales que relacionan la contaminación con la actividad volcánica de la zona (5).

La concentración de arsénico en fuentes hídricas mostró diferencias estadísticamente significativas entre todas las fuentes evaluadas, lo cual respalda la necesidad de realizar monitoreos diferenciados y sectorizados, sobre todo en zonas rurales y agrícolas. A pesar de estas diferencias en la calidad del agua, la bioacumulación de arsénico en las carcasas de cuyes expuestos no mostró variaciones estadísticamente significativas entre tratamientos, manteniéndose en todos los casos por debajo del valor límite de 0,5 mg/Kg. (7). Esto sugiere que, si bien existe una incorporación del metal a nivel tisular, la magnitud de dicha acumulación no alcanza niveles críticos de toxicidad para el consumo humano.

Los resultados de la investigación coinciden con los de Ponce et al. (17), quienes encontraron niveles bajos de arsénico en músculo de llama, aun cuando el ambiente presentaba cierto grado de exposición; asimismo, se alinean con lo reportado por Pérez et al. (16), quienes observaron que los niveles de arsénico en tejido muscular de bovinos estaban por debajo del límite de detección, siendo más comunes en órganos como hígado y riñón.

Relación entre concentración de arsénico en el agua y su acumulación en los tejidos

El análisis de correlación entre la concentración de arsénico en fuentes de agua y su presencia en carcasa de cuyes no evidenció una relación lineal significativa. En ninguno de los tratamientos evaluados se encontró una asociación estadísticamente relevante entre ambas variables, lo que indica que la presencia del metal en tejidos no se incrementa necesariamente en proporción directa a la concentración en agua de bebida.

Similar tendencia fue reportada por Herrera et al. (10) en ratas Wistar, quienes observaron que el arsénico se acumulaba preferentemente en órganos específicos y no necesariamente de manera proporcional a la concentración en agua ingerida. Este fenómeno también ha sido descrito en estudios en alpacas de zonas mineras del sur del Perú, donde, pese a la exposición prolongada, las concentraciones musculares se mantenían bajas (19,20).

Asimismo, se evidenciaron diferencias altamente significativas entre la concentración de arsénico en agua y la registrada en carcasa del cuy en la mayoría de fuentes, especialmente en el río Caplina ($t = 75,757$; $p < 0,001$). Este dato refuerza la idea que el arsénico no se transfiere completamente hacia los tejidos musculares, lo cual puede explicarse por su retención en órganos de filtración como hígado y riñón, que no fueron evaluados en esta investigación (10).

Consideraciones sobre salud pública y seguridad alimentaria

Aunque la concentración de arsénico en carcasa de cuyes no sobrepasó los límites establecidos para el consumo humano, la presencia del metal incluso en niveles bajos puede representar un riesgo si la exposición es crónica o si se combinan otros factores como la edad del animal o el consumo frecuente de este tipo de carne (15).

Estudios nacionales, como el de Condori y Málaga (18) en Moquegua, han demostrado que, tanto en leche como en pelo de vacas alimentadas con agua contaminada, los niveles de arsénico superan los límites permisibles. Asimismo, investigaciones locales como la de Cory (3) en Tacna, advierten sobre concentraciones alarmantes de arsénico en

hígado de pollo, lo que refuerza la necesidad de vigilancia epidemiológica y control de metales pesados en productos de origen animal.

Implicancias para la región de Tacna

La situación hídrica en Tacna representa un factor crítico para la salud pública, dado que más del 65 % de fuentes hídricas sobrepasan los límites de arsénico permitidos según Ministerio de salud (14,5). Las fuentes como el río Caplina, con niveles de 0,225 mg/L, implican un riesgo directo para las cadenas alimentarias que dependen de esta agua para el consumo animal y humano (34).

Las evidencias epidemiológicas han demostrado una asociación consistente entre la exposición prolongada a niveles elevados de arsénico y el incremento en la incidencia de diversos tipos de cáncer, entre ellos el de piel, mama, próstata, cuello uterino y pulmón (8).

En este contexto, se vuelve imperativo establecer sistemas eficaces de tratamiento del agua destinados a reducir la concentración de este metal, así como diseñar e implementar políticas de vigilancia ambiental y sanitaria de carácter permanente. Estas medidas no solo contribuirían a minimizar los riesgos para la salud humana, sino que también fortalecerían las estrategias de prevención en poblaciones vulnerables expuestas a fuentes hídricas contaminadas.

CONCLUSIONES

Se concluye de la siguiente forma:

1. Los resultados del estudio permiten afirmar que existen diferencias estadísticamente significativas en la concentración de arsénico entre las distintas fuentes de agua evaluadas. En particular, el agua del río Caplina (0,225 mg/L) supera el límite máximo permisible, lo que indica que la calidad del agua varía considerablemente según su origen.
2. Existe bioacumulación de arsénico en las carcasas de cuyes expuestos a distintas fuentes de agua; sin embargo, las concentraciones se mantuvieron por debajo del valor permisible (0,5 mg/Kg), con un patrón de acumulación homogéneo del metal pesado, independientemente del origen del recurso hídrico suministrado.
3. Las bajas concentraciones de arsénico no impiden su bioacumulación en las carcasas de cuyes. Esto significa que el metal se incorpora en tejidos de animales, incluso cuando la exposición es a niveles bajos.
4. La presencia de metales en tejidos animales indica un riesgo potencial debido a la bioacumulación. Si la exposición es continua, los niveles de estos elementos pueden aumentar, lo que puede tener consecuencias negativas para la salud del animal y, en caso de animales de consumo, para la salud humana.

RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones en hígado, riñones y otros tejidos de cuyes, para una evaluación integral de bioacumulación y su riesgo sanitario.
2. Evaluar efectos de exposición crónica al arsénico y la acumulación en las carcasas se incrementa progresivamente con el tiempo, incluso en condiciones de exposición a niveles bajos.
3. Determinar las fuentes de contaminación responsables de la presencia de arsénico en el medio ambiente.
4. Realizar estudios en otras especies de animales de consumo en la región, tales como bovinos, camélidos, porcinos, ovinos, caprinos, y aves de corral, así como en los productos derivados de origen animal.
5. Determinar de qué manera la exposición al arsénico influye en la prevalencia de enfermedades en la población de Tacna.
6. Realizar estudios sobre sistemas de tratamiento de aguas orientadas a reducir la concentración de metales pesados y a minimizar su impacto en la producción animal.
7. Evaluar el efecto de elementos mitigadores en la disminución de la bioacumulación de metales pesados en cuyes expuestos a fuentes de agua.
8. Evaluar el efecto del arsénico sobre los indicadores productivos y reproductivos de los animales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Galvão L, Corey G. Arsénico. En México: ECO; 1987 [citado 9 de junio de 2024]. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31247>
2. Bravo C, Quispe L. Metales pesados: fuentes y su toxicidad sobre la salud humana. Ciencias. 6 de septiembre de 2019;2:20-36.
3. Cory S. Determinación de arsénico total en hígado de pollo distribuido por proveedores avícolas de la ciudad de Tacna, 2022 [Internet]. [Tacna]: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2023 [citado 2 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3423522>
4. Instituto de Salud Pública de Chile. Exposición Laboral a Arsénico. 2015.
5. Ministerio de Salud. Resolución Ministerial N.º 389-2011-MINSA [Internet]. 2011 [citado 2 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/243692-389-2011-minsa>
6. Medina M, Robles P, Mendoza M, Torres C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. Rev Peru Med Exp Salud Pública. marzo de 2018;35:93-102.
7. Mercado Común del Sur M. Reglamento Técnico Mercosur Sobre Límites Máximos De Contaminantes Inorgánicos En Alimentos (Derogación De Las Res. GMC N° 102/94 Y N° 35/96) [Internet]. [citado 9 de junio de 2024]. Disponible en: <https://normas.mercosur.int/public/normativas/2474>
8. Guerrero J, Nevado Y, Pozo L, Mendoza R, Sánchez W. Concentraciones de arsénico en leche de vacas expuestas a aguas con altos niveles de arsénico en centros poblados de la costa norte de Perú. Agroindustrial Sci. 2021;11(3):281-6.

9. Ticona M, Tejada E, Vargas H. Contaminación del agua potable con arsénico y frecuencia del cáncer en la ciudad de Tacna 2010-2011. *Rev Médica Basadrina*. 2012;6(1):4-6.
10. Herrera A, Pineda J, Teresa A. Bioacumulación de arsénico en tejidos animales por consumo de aguas contaminadas experimentalmente. *Bol Real Soc Esp Hist Nat Sección Biológica Órgano Inst Cienc Nat José Acosta*. 6 de septiembre de 2013;107.
11. Chauca L. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) - [Internet]. Roma: Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación; 1997 [citado 8 de febrero de 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/W6562S/W6562S00.htm>
12. Enriquez D. Nivel alto de arsenico y su repercusión en la salud. *Cienc Desarro*. 2015;(19):89-92.
13. Servicio Nacional de Sanidad Agraria. Informe del Monitoreo de contaminantes en Alimentos Agropecuarios Primarios, año 2017. Lima; 2017.
14. Dirección Regional de Salud Tacna. Situación de la calidad de agua para consumo humano en la región Tacna. [Internet]. Tacna; 2017 [citado 2 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://docplayer.es/71029050-Alerta-situacion-de-la-calidad-de-agua-para-consumo-humano-en-la-region-tacna.html>
15. Naula M. Determinación de la presencia de arsénico en balanceados, gallinazas y vísceras de pollos. [Internet] [bachelorThesis]. [Quito]: Universidad San Francisco de Quito; 2012 [citado 2 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2217>
16. Pérez A, Pérez M, Fernández A. Presencia de arsénico en tejidos de origen bovino en el sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *InVet*. junio de 2010;12(1):59-67.
17. Ponce R, Farías S, Bovi G, Vélez D, Montoro R. Determinación de arsénico total e inorgánico en carne y vísceras de camélidos (*Lamma glama*) autóctonos de la

provincia de Jujuy, Argentina. 2006 [citado 2 de noviembre de 2023]; Disponible en: https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:BQk-4WZK2kYJ:scholar.google.com/+presencia+de+ars%C3%A9nico+en+la+carne+de+animales&hl=es&as_sdt=0,5

18. Condori R, Málaga J. Niveles de plomo y arsénico en leche y pelo de vacas lecheras del valle de Moquegua. *Rev Investig Agropecu Sci Biotechnol*. 14 de octubre de 2021;1(4):10-7.
19. Huanqui R. Determinación de metales pesados en pastos, fibra, carne y vísceras de alpacas en comunidades del distrito de Ananea - Puno. *Univ Nac Altiplano* [Internet]. 10 de octubre de 2018 [citado 2 de noviembre de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20,500,14082/8960>
20. Iquise V. Metales pesados en carne y vísceras de alpacas de dos comunidades del distrito de Ananea [Internet]. [Puno]: Universidad Nacional de Altiplano; 2017 [citado 2 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20,500,14082/5904>
21. Ñaccha J, Aguilar W. Determinación cuantitativa de plomo, cadmio y arsénico en hígado de ganado bovino expendido en el mercado Ciudad de Dios – San Juan de Miraflores, durante el periodo mayo – agosto 2015. *Repos Inst - UIGV* [Internet]. 5 de julio de 2017 [citado 2 de noviembre de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20,500,11818/1233>
22. Londoño L, Londoño P, Muñoz F. los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnol en el sector agropecuario y agroindustrial*. Diciembre de 2016;14(2):145-53.
23. Pérez A, Volpedo A, Fernandez A. El arsénico. Del agua a los alimentos. 2015 [citado 2 de noviembre de 2023]; Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/8089>

24. INEI. IV Censo Nacional Agropecuario 2012 [Internet]. 2012 [citado 12 de febrero de 2020]. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>
25. MIDAGRI - INIA. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - Instituto Nacional de Innovación Agraria [Internet]. 2021 [citado 23 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inia/noticias>
26. Autoridad Nacional del Agua. Glosario de Términos de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG” | SINIA [Internet]. 2020 [citado 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-documento-denominado-glosario-terminos-ley-ndeg-29338-ley>
27. Servicio Nacional de Sanidad Agraria. Decreto Supremo N.° 15-2012-AG [Internet]. 2012 [citado 5 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/senasa/normas-legales/962261-15-2012-ag>
28. Chauca Francia L. Manual de crianza de cuyes [Internet]. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Instituto Nacional de Innovación Agraria; 2020 [citado 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20,500,12955/1077>
29. Decreto Supremo N° 014-2010-MINAM: Los Límites Máximos Permisibles para las Emisiones Gaseosas y de Partículas de las Actividades del Sub Sector Hidrocarburos. [Internet]. [citado 5 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-limites-maximos-permisibles-las-emisiones-gaseosas-particulas-0>
30. Soler F, Hernández D, Oropesa A, Pérez M. Riesgos de los residuos de minería: intoxicación intencional en vacuno por arsénico inorgánico. *Rev Toxicol.* 2012;36-9.
31. Díaz D, Palacios K. Evaluación de las características de exposición al arsénico en el agua que consumen 4 centros poblados del distrito de Candarave – Tacna, Perú. *Univ*

- Nac Mayor San Marcos [Internet]. 2023 [citado 2 de noviembre de 2023]; Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20,500,12672/20160>
32. Hernández R, Fernández C, Baptista. Metodología de la Investigación [Internet]. [citado 29 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/32697156/Hernandez_R_2014_Metodologia_de_la_Investigacion
33. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Calidad del agua potable en el Perú. [Internet]. [citado 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sunass/informes-publicaciones/986645-calidad-del-agua>
34. Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM [Internet]. 2017 [citado 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3671-004-2017-minam>
35. Avendaño J. Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), variedad Lía en el C.E.A. III Fundo Los Pichones [Internet]. [Tacna]: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2011 [citado 31 de julio de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/531>
36. Quispe M. Comparación de la velocidad de crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con diferentes niveles de proteína [Internet]. [Huancavelica]: Universidad Nacional de Huancavelica; 2015 [citado 5 de junio de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/773>
37. Cayetano J. Crecimiento de cuatro genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) bajo dos sistemas de alimentación [Internet]. [Lima]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2019 [citado 15 de febrero de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3871>

38. Aime E. Comparación de cuatro raciones en los parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*), en la etapa de crecimiento y engorde, Tacna - 2021. [Internet]. [Tacna]: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2022 [citado 13 de julio de 2022]. Disponible en: <https://mail.google.com/mail/u/1/?ogbl#sent/KtbxLvHLrgzCBCccTgSMVZvGtnptsgBcg>

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de recolección de datos para la variable 1: Concentración de arsénico en fuentes de agua utilizadas en alimentación de cuyes

Ficha de recolección de datos					
Ubicación geográfica					
Departamento: Tacna					
Provincia: Tacna					
Distrito: Tacna					
Muestra					
Tipo de muestra: Agua			Finalidad: consumo animal		
Fuente de agua	Parámetro evaluado	N° de muestra	Resultado (mg/L)	Valor permisible ($\leq 0,2$ mg/L)	Valor no permisible ($> 0,2$ mg/L)
Agua industrial	Concentración de arsénico	1	0,0110		
		2	0,0120		
		3	0,0130		
		Promedio	0,0120		
Agua potable	Concentración de arsénico	1	0,0345		
		2	0,0340		
		3	0,0335		
		Promedio	0,0340		
Río Uchusuma	Concentración de arsénico	1	0,1850		
		2	0,1950		
		3	0,1900		
		Promedio	0,1900		
Río Caplina	Concentración de arsénico	1	0,2230		
		2	0,2270		
		3	0,2250		
		Promedio	0,2550		

Fuente: (34).

Anexo 2. Ficha de recolección de datos para la variable 2: Concentración de arsénico en carcasa de cuyes.

Ficha de recolección de datos					
Ubicación geográfica					
Departamento: Tacna					
Provincia: Tacna					
Distrito: Tacna					
Muestra					
Tipo de muestra: Carne de cuy			Finalidad: consumo humano		
Tratamiento	Parámetro evaluado	N° de muestra	Resultado (mg/Kg)	Valor permisible ($\leq 0,5$ mg/Kg)	Valor no permisible ($> 0,5$ mg/Kg)
T1: Agua industrial	Concentración de arsénico	1	0,047		
		2	0,043		
		3	0,043		
		4	0,033		
		5	0,031		
		6	0,026		
		Promedio	0,037		
T2: Agua potable	Concentración de arsénico	1	0,021		
		2	0,036		
		3	0,029		
		4	0,025		
		5	0,039		
		6	0,026		
		Promedio	0,029		
T3: Río Uchusuma	Concentración de arsénico	1	0,025		
		2	0,023		
		3	0,025		
		4	0,055		

		5	0,024		
		6	0,037		
		Promedio	0,032		
T4: Río Caplina	Concentración de arsénico	1	0,040		
		2	0,040		
		3	0,040		
		4	0,050		
		5	0,051		
		6	0,038		
		Promedio	0,043		

Fuente: (7).

Anexo 3. Registro del peso vivo de cuyes (g)

Tipo: I (Mejorado)	Sexo: Macho	Edad del inicio experimental: 2 semanas								
Peso vivo de los cuyes (g)/semana										
Tratamientos	N° cuyes	N° arete	Peso inicial	1	2	3	4	5	6	7
T1	1	01	290,00	350,00	455,00	495,00	560,00	640,00	700,00	780,00
	2	02	370,00	410,00	450,00	495,00	535,00	580,00	625,00	665,00
	3	03	395,00	450,00	545,00	595,00	695,00	775,00	885,00	995,00
	4	04	430,00	495,00	550,00	600,00	685,00	765,00	875,00	965,00
	5	05	390,00	495,00	610,00	715,00	820,00	930,00	1030,00	115,00
	6	06	300,00	375,00	470,00	540,00	655,00	750,00	840,00	975,00
	Promedio			362,50	429,17	513,33	573,33	658,33	740,00	825,83
T2	1	07	315,00	410,00	520,00	635,00	725,00	820,00	895,00	1000,00
	2	08	310,00	360,00	390,00	440,00	490,00	545,00	620,00	745,00
	3	09	295,00	395,00	510,00	630,00	725,00	810,00	940,00	995,00
	4	10	525,00	565,00	620,00	675,00	765,00	850,00	910,00	995,00
	5	11	335,00	380,00	465,00	555,00	635,00	735,00	820,00	940,00
	6	12	440,00	480,00	555,00	632,00	700,00	760,00	860,00	930,00
	Promedio			370,00	431,67	510,00	594,50	673,33	753,33	840,83

T3	1	13	280,00	350,00	465,00	580,00	690,00	810,00	905,00	1005,00
	2	14	375,00	410,00	455,00	500,00	545,00	590,00	655,00	730,00
	3	15	580,00	625,00	720,00	777,00	840,00	935,00	985,00	1070,00
	4	16	400,00	450,00	535,00	621,00	680,00	765,00	870,00	980,00
	5	17	275,00	320,00	400,00	480,00	540,00	665,00	745,00	860,00
	6	18	320,00	350,00	425,00	534,00	600,00	630,00	715,00	760,00
	Promedio			371,67	417,50	500,00	582,00	649,17	732,50	812,50
T4	1	19	385,00	445,00	540,00	645,00	750,00	845,00	890,00	1015,00
	2	20	435,00	475,00	575,00	695,00	805,00	930,00	1030,00	1160,00
	3	21	450,00	495,00	535,00	580,00	620,00	670,00	725,00	850,00
	4	22	380,00	435,00	520,00	604,00	710,00	785,00	865,00	975,00
	5	23	310,00	355,00	445,00	489,00	530,00	570,00	635,00	720,00
	6	24	270,00	310,00	360,00	405,00	480,00	540,00	590,00	635,00
	Promedio			371,67	419,17	495,83	569,67	649,17	723,33	789,17

Anexo 4. Registro del consumo de agua en cuyes (L)

Tipo: I (mejorado)	Sexo: Macho		Consumo de agua (mL)/día/cuy						
Tratamiento	N° cuyes	N° arete	Edad/Semanas						
			1	2	3	4	5	6	7
T1	1	01	90,00	92,00	94,00	95,00	96,00	97,00	98,00
	2	02							
	3	03							
	4	04							
	5	05							
	6	06							
T2	1	07	112,00	113,00	115,00	117,00	118,00	119,00	120,00
	2	08							
	3	09							
	4	10							
	5	11							
	6	12							
T3	1	13	89,00	90,00	91,00	92,00	94,00	95,00	97,00
	2	14							

	3	15							
	4	16							
	5	17							
	6	18							
T4	1	19	129,00	130,00	131,00	132,00	133,00	135,00	136,00
	2	20							
	3	21							
	4	22							
	5	23							
	6	24							

Anexo 5. Registro del peso de carcasa de cuyes (g).

Tipo: I (mejorado)	Sexo: Macho		Peso de carcasa (g)
Tratamientos	Número de cuyes	Número de arete	
T1	1	01	535,00
	2	02	445,00
	3	03	675,00
	4	04	685,00
	5	05	855,00
	6	06	695,00
	Promedio		648,33
T2	1	07	745,00
	2	08	510,00
	3	09	670,00
	4	10	715,00
	5	11	650,00
	6	12	650,00
	Promedio		656,67
T3	1	13	670,00
	2	14	485,00
	3	15	740,00
	4	16	710,00
	5	17	615,00
	6	18	530,00
	Promedio		625,00
T4	1	19	730,00
	2	20	805,00
	3	21	575,00
	4	22	710,00
	5	23	500,00
	6	24	515,00
	Promedio		639,17

Anexo 6. Resultados del análisis de concentración de arsénico en agua industrial



INFORME DE ENSAYO N° 1-14056/24

Pág. 1/1

DATOS DEL CLIENTE ^(*)	
Cliente	: AIME CJANAHUIRE ELISEO
Domicilio legal	: Fundo Para, Parcela 01 - Tacna - Tacna - Tacna
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado ^(*)	: AGUA INDUSTRIAL (AGUA ENVASADA PARA CONSUMO HUMANO)
Procedencia de la muestra	: Proporcionada por el solicitante y/o cliente
Cantidad de muestra para el ensayo	: 3 muestra x 1 L
Presentación y condición de recepción	: En envase de plástico, cerrado y refrigerado.
Identificación y descripción ^(*)	: No se indica
Fecha de recepción	: 2024 - 12 - 05
Fecha de inicio del ensayo	: 2024 - 12 - 23
Fecha de término del ensayo	: 2024 - 12 - 27
Ensayo realizado en	: Laboratorio Metales
Identificado con	: EXAI-18302-2024-001
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	LDM	Unidad	Resultados
Arsénico	0,0002	mg/L	0,0110
Arsénico	0,0002	mg/L	0,0120
Arsénico	0,0002	mg/L	0,0130

LDM: Límite de detección del método

^(*) Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados.

MÉTODO

Arsénico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 C, 24th Ed. 2023. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry. Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 27 de diciembre de 2024
AM

Firmado Digitalmente
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.
.....
ING. SONIA GARCIA CANALES
C.I.P. 33422
COORDINADORA DEL AREA DE EMISION DE INFORMES

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

Anexo 7. Resultados del análisis de concentración de arsénico en agua potable



INFORME DE ENSAYO N° 1-14055/24

Pág. 1/1

DATOS DEL CLIENTE ⁴⁾	
Cliente	: AIME CJANAHUIRE EUSEO
Domicilio legal	: Fundo Para, Parcela 01 - Tacna - Tacna - Tacna
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado ⁴⁾	: AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO
Procedencia de la muestra	: Proporcionada por el solicitante y/o cliente
Cantidad de muestra para el ensayo	: 3 muestra x 1 L
Presentación y condición de recepción	: En envase de plástico, cerrado y refrigerado.
Identificación y descripción ⁴⁾	: No se indica
Fecha de recepción	: 2024 - 12 - 05
Fecha de inicio del ensayo	: 2024 - 12 - 23
Fecha de término del ensayo	: 2024 - 12 - 27
Ensayo realizado en	: Laboratorio Metales
Identificado con	: EXAI-18302-2024-001
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	LDM	Unidad	Resultados
Arsénico	0,0002	mg/L	0,0345
Arsénico	0,0002	mg/L	0,0340
Arsénico	0,0002	mg/L	0,0335

LDM: Límite de detección del método

⁴⁾ Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados.

MÉTODO

Arsénico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 C, 24th Ed. 2023. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry, Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 27 de diciembre de 2024
AM

Firmado Digitalmente
CERTIFICACIONES DEL PERU SA

ING. SONJI GARCÍA CANALES
C.P. 35422
COORDINADORA DEL ÁREA DE EMISIÓN DE INFORMES

⁴⁾ Este documento sin firma digital carece de validez⁴⁾

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com



Anexo 8. Resultados de la concentración de arsénico en agua del río Uchusuma



INFORME DE ENSAYO N° 1-14054/24

Pág. 1/1

DATOS DEL CLIENTE ^(*)	
Cliente	: AIME CJANAHUIRE ELISEO
Domicilio legal	: Fundo Para, Parcela 01 - Tacna - Tacna - Tacna
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado ^(*)	: AGUA DEL RIO UCHUSUMA
Procedencia de la muestra	: Proporcionada por el solicitante y/o cliente
Cantidad de muestra para el ensayo	: 3 muestra x 1 L
Presentación y condición de recepción	: En envase de plástico, cerrado y refrigerado.
Identificación y descripción ^(*)	: No se indica
Fecha de recepción	: 2024 - 12 - 05
Fecha de inicio del ensayo	: 2024 - 12 - 23
Fecha de término del ensayo	: 2024 - 12 - 27
Ensayo realizado en	: Laboratorio Metales
Identificado con	: EXAI-18302-2024-001
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	LDM	Unidad	Resultados
Arsénico	0,0002	mg/L	0,185
Arsénico	0,0002	mg/L	0,195
Arsénico	0,0002	mg/L	0,190

LDM: Límite de detección del método

^(*) Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados.

MÉTODO

Arsénico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 C, 24th Ed. 2023. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry. Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 27 de diciembre de 2024
AM

Firmado Digitalmente
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.
ING. SONIA GARCIA CANALES
C.P. 33422
COORDINADORA DEL AREA DE EMISION DE INFORMES

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com



Anexo 9. Resultados del análisis de concentración de arsénico en agua del río Caplina



INFORME DE ENSAYO N° 1-14053/24

Pág. 1/1

DATOS DEL CLIENTE ⁴¹	
Cliente	: AIME CJANAHUIRE ELISEO
Domicilio legal	: Fundo Para, Parcela 01 - Tacna - Tacna - Tacna
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado ⁴¹	: AGUA DEL RIO CAPLINA
Procedencia de la muestra	: Proporcionada por el solicitante y/o cliente
Cantidad de muestra para el ensayo	: 3 muestra x 1 L
Presentación y condición de recepción	: En envase de plástico, cerrado y refrigerado.
Identificación y descripción ⁴¹	: No se indica
Fecha de recepción	: 2024 - 12 - 05
Fecha de inicio del ensayo	: 2024 - 12 - 23
Fecha de término del ensayo	: 2024 - 12 - 27
Ensayo realizado en	: Laboratorio Metales
Identificado con	: EXAI-18302-2024-001
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	LDM	Unidad	Resultados
Arsénico	0,0002	mg/L	0,223
Arsénico	0,0002	mg/L	0,227
Arsénico	0,0002	mg/L	0,225

LDM: Límite de detección del método

⁴¹ Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados.

MÉTODO

Arsénico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 C, 24th Ed. 2023. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry, Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 27 de diciembre de 2024
AM

Firmado Digitalmente
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.
ING. SONIA GARCIA CANALES
C.P. 38422
COORDINADORA DEL AREA DE EMISION DE INFORMES

⁴¹ Este documento sin firma digital carece de validez⁴¹

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

Anexo 10, Resultados del análisis de concentración de arsénico en carcasa de cuyes



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LE - 003



INFORME DE ENSAYO N° 1-06880/25

Pág. 1/2

DATOS DEL CLIENTE ^(*)	
Cliente	: AIME CJANAUIRE ELISEO
Domicilio legal	: Fundo Para, Parcela 01 – Tacna – Tacna
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado ^(*)	: CARNE DE CUY
Procedencia de la muestra	: Proporcionada por el solicitante y/o cliente
Cantidad de muestra para el ensayo	: 24 muestras x 400 g c/u
Presentación y condición de recepción	: En bolsa de plástico, cerrada y congelada.
Identificación y descripción ^(*)	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2025 - 04 - 16
Fecha de inicio del ensayo	: 2025 - 04 - 16
Fecha de término del ensayo	: 2025 - 04 - 25
Ensayo realizado en	: Laboratorio Metales
Identificado con	: OSAI-04099-2025
	: OSAI-04099-2025-001
Validez del documento	: Este documento es válido solo para las muestras descritas.

Ensayo	LDM	Unidad	Muestras / Resultados					
			T1: AGUA INDUSTRIAL N # 01	T1: AGUA INDUSTRIAL N # 02	T1: AGUA INDUSTRIAL N # 03	T1: AGUA INDUSTRIAL N # 04	T1: AGUA INDUSTRIAL N # 05	T1: AGUA INDUSTRIAL N # 06
Arsénico	0,02	mg/kg	0,047	0,043	0,043	0,033	0,031	0,026

LDM: Límite de detección del método

Ensayo	LDM	Unidad	Muestras / Resultados					
			T2: AGUA POTABLE N # 01	T2: AGUA POTABLE N # 02	T2: AGUA POTABLE N # 03	T2: AGUA POTABLE N # 04	T2: AGUA POTABLE N # 05	T2: AGUA POTABLE N # 06
Arsénico	0,02	mg/kg	0,021	0,036	0,029	0,025	0,039	0,026

LDM: Límite de detección del método

Ensayo	LDM	Unidad	Muestras / Resultados					
			T3: RIO UCHUSUMA N # 01	T3: RIO UCHUSUMA N # 02	T3: RIO UCHUSUMA N # 03	T3: RIO UCHUSUMA N # 04	T3: RIO UCHUSUMA N # 05	T3: RIO UCHUSUMA N # 06
Arsénico	0,02	mg/kg	0,025	0,023	0,025	0,055	0,024	0,037

LDM: Límite de detección del método

Ensayo	LDM	Unidad	Muestras / Resultados					
			T4: RIO CAPLINA N # 01	T4: RIO CAPLINA N # 02	T4: RIO CAPLINA N # 03	T4: RIO CAPLINA N # 04	T4: RIO CAPLINA N # 05	T4: RIO CAPLINA N # 06
Arsénico	0,02	mg/kg	0,040	0,040	0,040	0,050	0,051	0,038

LDM: Límite de detección del método

^(*) Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados.

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

Anexo 11. Recolección de muestras de cuatro fuentes de agua para análisis de concentración de arsénico



Anexo 12. Diseño experimental de los cuatro tratamientos en instalaciones del galpón de cuyes.



Anexo 13. Beneficio de cuyes de investigación de cuatro tratamientos.



Anexo 14. Embolsado de muestras de carcasa de cuyes para la congelación.



Anexo 15. Congelación de muestras de carcasa de cuyes para análisis de arsénico.



Anexo 16. Envío de muestras de carcasas de cuyes procedentes de tratamientos para análisis de concentración de arsénico



Anexo 17. Proceso de envío de muestras biológicas en contenedor de tecnopor