

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“Efectividad de la alimenticia con cilantro
(*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*), en la
reducción de metales pesados en peces juveniles paco
(*Piaractus Brachypomus*) en la localidad de Cachicoto”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Arrieta Loarte, Yaqui Marielena

ASESOR: Morales Aquino, Milton Edwin

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U



TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47473088

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44342697

Grado/Título: Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-2250-3288

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cámara Llanos, Frank Erick	Doctor en ciencias de la salud	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Valdivia Martel, Perfecta Sofia	Maestro en ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714
3	Romero Estacio, Jorge Antonio	Maestro en gestión pública para el desarrollo social	22520481	0009-0000-2063-4076

D

H



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:00 horas del día 16 del mes de febrero del año 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Dr. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Secretario)
- Mg. Jorge Antonio Romero Estacio (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 0113-2026-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTIVIDAD DE LA DIETA ALIMENTICIA CON CILANTRO (*Coriandrum sativum*) Y CURCUMA (*Curcuma longa*), EN LA REDUCCION DE METALES PESADOS EN PECES JUVENILES PACO (*Piaractus brachyomus*) EN LA LOCALIDAD DE CACHICOTO"**, presentado por el (la) Bach. **ARRIETA LOARTE, YAQUI MARIELENA** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADA Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO (Art. 47)

Siendo las 19:00 horas del día 16 del mes de FEBRERO del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Dr. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Presidente

Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel
DNI: 43616954
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Secretario

Mg. Jorge Antonio Romero Estacio
DNI: 22520481
ORCID: 0009-0000-2063-4076
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: YAQUI MARIELENA ARRIETA LOARTE , de la investigación titulada "EFECTIVIDAD DE LA DIETA ALIMENTICIA CON CILANTRO (CORIANDRUM SATIVUM) Y CURCUMA (CURCUMA LONGA), EN LA REDUCCION DE METALES PESADOS EN PECES JUVENILES PACO (PIARACTUS BRACHYPOMUS) EN LA LOCALIDAD DE CACHICOTO", con asesor(a) MILTON EDWIN MORALES AQUINO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0525-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 20 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 01 de diciembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

288. Arrieta Loarte, Yaqui Marielena.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.cuc.edu.co Fuente de Internet	1%
5	ambiente-sustentabilidad.org Fuente de Internet	1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A mi querida madre Ceferina, que con sus buenos sentimientos, hábitos y valores supo formarme y sostenerme, especialmente en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi padre Darío, que día a día me inspira y me anima a no detenerme y continuar con mis proyectos.

A mi hermano César, por enseñarme que la perseverancia y la unión familiar hacen posible cualquier meta.

Y a mi hijo Lehónidas, quien se ha convertido en mi mayor motivación para no rendirme en los estudios y esforzarme por ser un verdadero ejemplo para él.

AGRADECIMIENTO

A Dios, en primer lugar, por ser mi guía constante y darme la fortaleza necesaria para continuar en cada etapa de mi vida.

A mi familia, por su comprensión, por el ánimo que siempre me brindan y por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi formación académica.

Mis agradecimientos a los ingenieros Jorge Romero y Milton Morales catedráticos de la Universidad de Huánuco por compartir sus conocimientos teóricos y prácticos en el rubro de la investigación científica y gracias a ellos pude lograr el desarrollo y culminar proyecto de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.3. OBJETIVO GENERAL	17
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2. BASES TEÓRICAS	25
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	47
2.4. HIPÓTESIS	49
2.5. VARIABLES.....	49
2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN.....	49
2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA.....	50

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	51
CAPÍTULO III	52
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.1.1. ENFOQUE	52
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	53
3.1.3. DISEÑO	53
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	54
3.2.1. POBLACIÓN.....	54
3.2.2. MUESTRA	54
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	55
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
3.3.2. PROTOCOLO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	56
3.3.3. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	60
3.3.4. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ..	60
CAPÍTULO IV.....	61
RESULTADOS	61
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	61
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ..	65
CAPÍTULO V.....	70
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS	70
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición porcentual de los grupos de vertebrados más recientes	28
Tabla 2 Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para mercado nacional y de exportación	45
Tabla 3 Coordenadas específicas	54
Tabla 4 Número total de muestra de peces	55
Tabla 5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	55
Tabla 6 Para el análisis e interpretación de los datos	60
Tabla 7 Concentración de Cadmio en peces paco antes y después del tratamiento	61
Tabla 8 Concentración de Plomo en peces paco antes y después del tratamiento	62
Tabla 9 Concentración de Arsénico en peces paco antes y después del tratamiento	63
Tabla 10 Estadísticas de grupos	65
Tabla 11 Prueba de hipótesis	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de peces y su alimentación	29
Figura 2 Diseño estadístico experimental	54
Figura 3 Flujograma de protocolo de recolección de datos	56
Figura 4 Concentración de Cadmio en peces paco antes y después del tratamiento	62
Figura 5 Concentración de Plomo en peces paco antes y después del tratamiento	63
Figura 6 Concentración de Arsénico en peces paco antes y después del tratamiento	64
Figura 7 Concentración de metales pesados en peces paco antes y después del tratamiento	64

ÍNDICE FOTOGRÁFICO

Fotografía 1 Cúrcuma pura.....	89
Fotografía 2 Preparación del alimento	89
Fotografía 3 Preparación del cilantro con el alimento.....	90
Fotografía 4 Preparación de la cúrcuma con el alimento.....	90
Fotografía 5 Pesado de la dieta alimentaria.....	91
Fotografía 6 Armado de la jaula	91
Fotografía 7 Alimentación a los peces	92
Fotografía 8 Captura de peces.....	92
Fotografía 9 Rotulado de los peces.....	93
Fotografía 10 Rotulado de los peces para su identificación	93
Fotografía 11 Aditivos para las muestras.....	94
Fotografía 12 Tratamientos y repeticiones.....	94
Fotografía 13 Espectrofotómetro de absorción atómica	95

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo comparar la efectividad de dietas alimenticias con cilantro (*Coriandrum sativum*) al 3% y 6% y cúrcuma (*Curcuma longa*) al 3% y 6% en la reducción de metales pesados en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*) procedentes del río Monzón, criados en condiciones controladas en la localidad de Cachicoto. La muestra estuvo constituida por 12 peces distribuidos en dos contenedores tipo kuler, con 6 peces en cada uno, sometidos a diferentes tratamientos dietéticos durante un periodo de 45 días. Las muestras biológicas fueron recolectadas y preservadas bajo criterios técnicos que garantizaron la integridad del tejido. Posteriormente, se analizaron muestras de músculo e hígado mediante espectrometría de absorción atómica para cuantificar cadmio (Cd), plomo (Pb) y arsénico (As). La dieta administrada logró una reducción significativa en los niveles de concentración de metales pesados, lo que confirma la efectividad de la combinación de cúrcuma y cilantro como agentes quelantes naturales dentro del sistema digestivo de los peces. Los valores de cadmio (Cd) disminuyeron de 1.25 mg/kg a 0.097 mg/kg, representando una reducción del 92.24%, lo que evidencia un fuerte efecto detoxificante sobre este metal altamente tóxico. Los niveles de plomo (Pb) se redujeron de 3.00 mg/kg a 0.70 mg/kg (76.67% de disminución), demostrando la eficacia de la dieta frente a la bioacumulación de este metal común en cuerpos de agua contaminados. Finalmente, el arsénico (As) descendió de 1.40 mg/kg a 0.005 mg/kg, logrando una notable reducción del 99.64%, resultado especialmente relevante debido a su elevada toxicidad y persistencia ambiental. En el estudio se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes, obteniéndose valores de $p = 0.000$ para cadmio (Cd), plomo (Pb) y arsénico (As), lo que demuestra diferencias estadísticamente significativas en la reducción de metales pesados tras la aplicación de la dieta alimenticia con cilantro y cúrcuma. Se concluye que la inclusión de cúrcuma y cilantro en la dieta representa una estrategia viable, natural y de bajo costo para reducir metales pesados en peces criados en ambientes impactados por la actividad humana.

Palabras clave: Reducción de metales pesados, cilantro, cúrcuma, bioacumulación, peces pacos, detoxificación natural.

ABSTRACT

This research aimed to compare the effectiveness of diets supplemented with coriander (*Coriandrum sativum*) at 3% and 6% and turmeric (*Curcuma longa*) at 3% and 6% in reducing heavy metals in juvenile pacu fish (*Piaractus brachypomus*) sourced from the Monzón River, raised under controlled conditions in the Cachicoto locality. The sample consisted of 12 fish distributed in two cooler-type containers, with 6 fish each, subjected to different dietary treatments over a 45-day period. Biological samples were collected and preserved following technical criteria to ensure tissue integrity. Muscle and liver samples were then analyzed by atomic absorption spectrometry to quantify cadmium (Cd), lead (Pb), and arsenic (As). The administered diet achieved a significant reduction in heavy metal concentrations, confirming the effectiveness of the turmeric and coriander combination as natural chelating agents within the fish digestive system. Cadmium levels decreased from 1.25 mg/kg to 0.097 mg/kg, representing a 92.24% reduction, demonstrating a strong detoxifying effect against this highly toxic metal. Lead levels were reduced from 3.00 mg/kg to 0.70 mg/kg (a 76.67% decrease), demonstrating the diet's efficacy against bioaccumulation of this common contaminant in polluted water bodies. Finally, arsenic levels dropped from 1.40 mg/kg to 0.005 mg/kg, achieving a remarkable 99.64% reduction, a particularly relevant result due to its high toxicity and environmental persistence. The Student's t-test for independent samples was applied in the study, obtaining p-values of 0.000 for cadmium (Cd), lead (Pb), and arsenic (As), demonstrating statistically significant differences in the reduction of heavy metals after applying the diet containing coriander and turmeric. It is concluded that the inclusion of turmeric and coriander in the diet represents a viable, natural, and low-cost strategy to reduce heavy metals in fish raised in environments impacted by human activities.

Keywords: Heavy metal reduction, coriander, turmeric, bioaccumulation, pacu fish, natural detoxification.

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental por metales pesados es uno de los problemas más complejos y preocupantes que enfrentan los ecosistemas acuáticos a nivel global. Metales como el cadmio (Cd), plomo (Pb) y arsénico (As) se encuentran entre los contaminantes más tóxicos y persistentes, capaces de acumularse en la cadena alimentaria y generar efectos adversos en la salud humana y animal. Estos metales provienen principalmente de actividades antropogénicas como la minería, la industrialización, la agricultura intensiva y la disposición inadecuada de residuos, que han afectado gravemente la calidad del agua en diversas regiones, incluyendo la cuenca del río Monzón.

En esta zona, el impacto de estas actividades ha ocasionado la contaminación de fuentes hídricas y la bioacumulación de metales pesados en especies acuáticas de importancia comercial y ecológica, como el pez paco (*Piaractus brachipomus*). Este pez, ampliamente cultivado y consumido en diversas comunidades, se ha visto afectado por la presencia de metales tóxicos en su hábitat, lo que representa un riesgo para la salud pública y el desarrollo sostenible de la acuicultura local.

Frente a esta problemática, la búsqueda de soluciones eficaces, económicas y respetuosas con el medio ambiente es prioritaria. En los últimos años, se ha investigado el uso de plantas medicinales y extractos naturales como agentes quelantes y detoxificantes que pueden reducir la acumulación de metales pesados en organismos vivos. En particular, el cilantro (*Coriandrum sativum*) y la cúrcuma (*Curcuma longa*) han demostrado poseer compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y quelantes, que facilitan la eliminación de metales tóxicos y mejoran la salud general de los organismos.

El presente estudio se enfoca en evaluar la efectividad de dietas suplementadas con diferentes concentraciones de cilantro y cúrcuma en la reducción de metales pesados en peces juveniles paco, criados en condiciones controladas en la localidad de Cachicoto, utilizando ejemplares provenientes del río Monzón. La investigación contempla un análisis detallado

de la bioacumulación de cadmio, plomo y arsénico en tejidos musculares e hígado, empleando técnicas precisas como la espectrometría de absorción atómica para cuantificar los niveles de estos contaminantes.

Además de contribuir al conocimiento científico sobre métodos naturales para mitigar la contaminación por metales pesados en acuicultura, esta investigación ofrece una alternativa práctica y sostenible para mejorar la calidad del agua y la seguridad alimentaria en zonas vulnerables. La aplicación de dietas enriquecidas con cilantro y cúrcuma puede representar una estrategia innovadora y accesible para productores y comunidades locales, fortaleciendo la gestión ambiental y promoviendo un desarrollo acuícola responsable y saludable.

En este contexto, la presente investigación evaluó la efectividad de dietas alimenticias suplementadas con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) en la reducción de metales pesados en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

De manera cualitativa, los resultados obtenidos evidenciaron que la dieta natural a base de estas plantas generó una disminución significativa en las concentraciones de cadmio, plomo y arsénico, reflejando un efecto detoxificante y depurativo dentro del organismo de los peces.

Estos hallazgos confirman que la combinación de cúrcuma y cilantro actúa como un agente quelante natural, capaz de favorecer la eliminación de metales tóxicos y contribuir a la mejora de la calidad biológica y sanitaria de las especies acuícolas, representando así una alternativa ecológica, económica y sostenible para la mitigación de la contaminación por metales pesados en ecosistemas acuáticos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, uno de los problemas ambientales más preocupantes es la contaminación de las fuentes de agua por metales pesados. La presencia de estos compuestos tóxicos en los ríos convierte al recurso hídrico en un riesgo para la salud de las poblaciones que dependen de él para su consumo y uso diario (Pabón, 2020).

En el caso de la región de Aucayacu, la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas y las actividades de minería informal cercanas al cauce han generado un impacto ambiental particularmente severo sobre los ríos de la zona (Eche, 2013).

Estas descargas suelen verterse sin tratamiento previo ni control adecuado. A ello se suma el aporte de metales pesados procedentes de la minería informal y la expansión urbana asociada al crecimiento poblacional. Los registros disponibles sobre las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del agua muestran una tendencia preocupante, que permite anticipar un deterioro progresivo de la calidad del río Huallaga en los próximos años si no se implementan medidas de mitigación oportunas (Eche, 2013).

Desde tiempos remotos, las sociedades humanas han hecho uso de los recursos bióticos, aprovechando la producción agrícola, pecuaria, pesquera y forestal, así como de los recursos abióticos, entre ellos el agua y los minerales. Muchos de estos recursos se destinan tanto a la alimentación como a la actividad económica; un ejemplo claro es el consumo de peces, que constituye una fuente esencial de sustento para la población.

Algunas especies que viven en el río Huallaga se ven afectados ya que estas especies están destinadas para diferentes lugares de venta para consumo. (Winitzky, 2012)

Los metales pesados al llegar al río se fijan en los sedimentos y otras partículas sueltas que se va formando en el fondo del río los cuales actúan como integradores y concentradores de estos metales pesados que luego son transportados mediante las especies a través de las membranas biológicas (vía respiratoria, digestivo o cutánea). (Eche, 2013).

La presencia de metales pesados en el río Huallaga está condicionada tanto por procesos naturales como su distribución en el medio, la meteorización y otros desgastes geológicos como por fuentes de origen humano. Entre estas últimas sobresalen las actividades industriales, la explotación minera, determinadas prácticas agrícolas, además de la combustión y la lixiviación de residuos domésticos generados por la población de Monzón. Cuando estas aportaciones aumentan, elevan la carga contaminante del río, alteran sus ciclos naturales y pueden producir concentraciones altas en zonas o compartimentos específicos del sistema fluvial.

En la actualidad, los ecosistemas asociados al río evidencian presencia significativa de metales pesados, lo cual representa un riesgo para numerosas especies que habitan en él, debido a los niveles de toxicidad detectados mediante análisis de laboratorio (Gonzales Aportela, 2020).

La problemática ambiental en Monzón resulta evidente, especialmente en su río, donde se descargan aguas residuales sin tratamiento y se desarrollan actividades de minería ilegal que afectan directamente a la fauna acuática. Por ello, se considera necesario implementar acciones de educación ambiental mediante charlas dirigidas a la población, orientadas a mejorar su calidad de vida y a fortalecer la recuperación y conservación del entorno natural (Gonzales Aportela, 2020).

Asimismo, considerando la preocupación constante de los pobladores de San Antonio de Anda ante la disminución de sus recursos pesqueros, este estudio busca establecer si el río presenta contaminación por metales pesados y si estos compuestos se están acumulando en el organismo de especies ícticas como el paco (Gonzales Aportela, 2020).

Como aporte el estudio realizará muestras de análisis de estas especies para determinar los niveles de metales pesados, lo cual servirá para evaluar si los peces están teniendo una reacción frente a los posibles niveles de metales pesados que se encuentran alojados en sus diversas partes de su organismo y en el entorno acuático donde habita. Esta información permitirá confirmar los resultados del análisis de metales pesados y servirá como base para proponer alternativas de modificación de la dieta, incorporando fuentes de proteína vegetal que contribuyan a disminuir la presencia de estos contaminantes en los peces del río Monzón.

Con ello se pretende, además, emplear los datos obtenidos para comparar la efectividad de una dieta del paco suplementada con cúrcuma y cilantro, ambos reconocidos por su efecto depurativo y por favorecer la dilatación de los vasos renales, lo que facilita la eliminación de sustancias tóxicas del organismo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema Principal

¿Cuál es la efectividad de la dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*), en la reducción de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*) procedentes del río Monzón?

Problemas Específicos

¿Cuál es la concentración inicial de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles paco?

¿Cuál es la concentración de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles paco después de ser sometidos a la dieta alimenticia)?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar la efectividad de la dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*), en la reducción de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar la concentración inicial de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

Evaluar la concentración de plomo, cadmio y arsénico después de ser sometidos a la dieta alimenticia con cilantro y cúrcuma.

Comparar los niveles de metales pesados antes y después de la dieta alimenticia.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justifica debido a la creciente preocupación por los efectos de los metales pesados en la salud humana. La exposición prolongada a plomo, cadmio y arsénico pueden generar diversas enfermedades, afectando principalmente al sistema nervioso, renal y otros vitales.

Desde el punto de vista práctico, este estudio busca aportar evidencia sobre el uso de alternativas naturales como el cilantro y cúrcuma, las cuales podrían representar una opción accesible y económica para la reducción de metales pesados en el organismo.

Asimismo, la investigación tiene relevancia social, ya que sus resultados podrían beneficiar a poblaciones expuestas a contaminación ambiental, contribuyendo a mejorar su calidad de vida.

Desde el ámbito académico, el estudio aporta información actualizada que puede servir como base para futuras investigaciones relacionadas con la remediación natural de contaminantes.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la presente investigación se reconoció una limitación: el muestreo realizado para los análisis se restringió a una sola especie proveniente del río Monzón, específicamente de la localidad de Cachicoto. Pese a ello, el trabajo se pudo desarrollar con normalidad, cumpliéndose cada una de las etapas previstas, las cuales se detallan seguidamente:

- Costo y tiempo, el análisis de los metales pesados fue costoso y requirió tiempo.
- Limitaciones en la detección porque algunos metales fueron difíciles de detectar en cantidades bajas.
- Interpretación de los resultados requirió conocimientos especializados y consideración de los factores como la toxicidad y la biodisponibilidad de los metales.
- Falta de información previa a nivel local sobre estudios para determinar la presencia de metales pesados en análisis del agua del río.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La realización del presente estudio resultó factible, por las razones que se detallan a continuación:

- Se dispuso del tiempo necesario y de los recursos económicos suficientes para ejecutar la investigación de manera adecuada.
- Se contó con los equipos y materiales indispensables para evaluar las muestras de peces y de agua provenientes del río Monzón, incluyendo el multiparámetro HQ 40 y el ICOES.
- Además, se tuvo el apoyo de un especialista en muestreo de agua, quien facilitó la correcta manipulación y el uso eficiente de los equipos durante el trabajo de campo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Antecedentes internacionales

Ortega & Peña, (2020) en su tesis titulada “Evaluación del riesgo a la salud humana asociado al consumo de peces contaminados por metales pesados en el embalse del Guájaro”, Atlántico-Colombia. Tuvieron como propósito estimar el riesgo potencial para la salud de la población que consume peces provenientes de dicho embalse. Para ello evaluaron varias especies, entre ellas mojarra negra (*Orochromis niloticus*), arenca (*Tyrpothes magdalенаe*), barbudo (*Pimelodus bichi*), doncella (*Ageneiosus cáucanus*) y viejito (*Cypocharax magdalенаe*), además de mojarra amarilla (*Cacuatara krusi*), cora (*Plagioscion magdalенаe*), tilapia (*Orochromis spp.*). Los resultados mostraron que las concentraciones más altas siguieron el orden $Zn > Cr > Pb > Hg$, destacando valores en *Tyrpothes magdalенаe* ($14.2 \pm 1.482 \mu\text{g/g}$), *Tyrpothes magdalенаe* ($0.862 \pm 0.790 \mu\text{g/g}$), *Cacuatara krausi* ($0.088 \pm 0.063 \mu\text{g/g}$) y *Plagioscion magdalенаe* ($0.222 \pm 0.08 \mu\text{g/g}$). En contraste, las menores concentraciones se observaron con el orden $Pb < Hg < Cr < Zn$, registrándose en *Plagioscion magdalенаe* ($0.012 \pm 0.005 \mu\text{g/g}$), *Ageneiosus pardalis* ($0.12 \pm 0.05 \mu\text{g/g}$), *Orochromis spp.* ($0.43 \pm 0.14 \mu\text{g/g}$) y *Pimelodus blochi* ($5 \pm 1.21 \mu\text{g/g}$). Aunque ninguna de las mediciones superó los límites permisibles establecidos por FAO, WHO/OMS, CE y la NTC 1443, el mercurio fue el metal que representó el mayor riesgo potencial para la población, con un valor de 0.87. Por ello, se concluye que es necesario implementar medidas para regular el consumo y reducir la exposición a estos metales, considerando que su bioacumulación en el tiempo puede generar problemas de salud en la comunidad del embalse del Guájaro.

Ortiz, Guillen, & Boza (2020) en su investigación “Bioacumulación de mercurio y zinc en especies ictícolas de la subcuenca del río Carrizal”, Manabí, Ecuador. Revista Iberoamericano Ambiente y Sustentabilidad. Tuvieron como objetivo analizar la bioacumulación de mercurio y zinc en tejidos branquiales, hepáticos y musculares de peces del río Carrizal. La metodología incluyó el establecimiento de 14 estaciones de monitoreo y la determinación de ambos metales mediante los métodos APHA AWWA WEF 3112-B (Hg) y APHA AWWA WEF 3111-B-C (Zn). En *Oreochromis niloticus* se observó que las mayores concentraciones se localizaron en branquias, con mercurio de 0.300 mg/kg en agosto y 0.276 mg/kg en octubre, y zinc de 0.371 mg/kg en agosto y 0.347 mg/kg en octubre. En *Hoplias microlepis*, el músculo fue el tejido con mayor acumulación: Hg de 1.615 mg/kg en agosto y 1.456 mg/kg en octubre, y Zn de 1.243 mg/kg en agosto y 1.069 mg/kg en octubre. Por su parte, *Aequidens rivulatus* presentó los valores más altos de mercurio en músculo (2.034 mg/kg en agosto y 1.926 mg/kg en octubre), mientras que para el zinc se registró en agosto 0.373 mg/kg en branquias. El monitoreo de agosto de 2017 evidenció la mayor presencia de Hg y Zn en las especies analizadas. Se concluye que la biomagnificación de metales pesados en el área de estudio guarda relación directa con el uso de insumos agrícolas.

Arfah (2023) en su investigación: “Eficacia de la harina de *Curcuma longa* en la dieta para mejorar el desempeño reproductivo / sanitario de *Pangasius hypophthalmus*”, Instituto Pertanian Bogor. El objetivo del presente estudio es a inclusión de harina de cúrcuma (*Curcuma longa*) en el alimento de *Pangasius* (catfish) para mejorar parámetros productivos y fisiológicos. El trabajo describe la formulación de raciones con niveles distintos de cúrcuma, la administración en periodo experimental y la evaluación de respuestas como crecimiento, supervivencia, indicadores hepáticos y parámetros inmunológicos; se concluye que los resultados señalan efectos positivos sobre salud hepática y marcadores antioxidantes, lo que sustenta el uso de cúrcuma como aditivo funcional en dietas acuícolas.

Antecedentes nacionales

Aveiga (2020) en su investigación: Determinación de la bioacumulación de metales pesados en los órganos de los peces en río principal de la subcuenca del carrizal. Tuvo como objetivo principal identificar y cuantificar la acumulación de metales pesados en distintos órganos de peces del río principal de dicha subcuenca. Para ello, la metodología incluyó la medición de Hg y Zn en agua, sedimentos y especies ícticas como *Hoplias microlepis*, *Aequidens rivulatus* y *Oreochromis niloticus*. Además del componente analítico, se implementaron acciones de educación ambiental dirigidas a los integrantes de la Asociación Agropecuaria de la Comunidad “Balsa en Medio” (AGROBEN), orientadas a disminuir el uso de agroquímicos. Paralelamente, se evaluó la capacidad fitorremediadora de *Sphagneticola trilobata* en suelos agrícolas contaminados por mercurio y zinc. Los resultados evidenciaron concentraciones de mercurio en la subcuenca de 0.132 mg/L en agua (agosto) y 0.598 mg/kg en sedimentos (octubre). En cuanto al zinc, los valores más altos se registraron en la microcuenca durante octubre, alcanzando 0.21 mg/L en agua y 0.268 mg/kg en sedimentos. Respecto a los peces, las mayores cargas metálicas se observaron en agosto: en *Oreochromis niloticus* se hallaron 0.300 mg/kg de Hg y 0.371 mg/kg de Zn en branquias; en *Hoplias microlepis* se encontraron 1.615 mg/kg de Hg en músculo y 1.243 mg/kg de Zn en hígado; mientras que en *Aequidens rivulatus* se registraron 2.034 mg/kg de Hg en músculo y 0.415 mg/kg de Zn en branquias. Se concluye que la creciente presión de la actividad agropecuaria en el área de estudio está elevando los niveles de Hg y Zn en el agua, sedimentos y peces. En este sentido, la educación ambiental sostenida y el uso de técnicas de fitorremediación con especies nativas se perfilan como alternativas pertinentes y viables para mitigar esta problemática

Ichpas (2024) en su investigación titulada “Evaluación de la presencia de metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la piscigranja de Sacsamarca – Huancavelica, 2023” de la Universidad Nacional de Huancavelica, tuvo como finalidad analizar los niveles de metales pesados en truchas arcoíris provenientes de dicha piscigranja. El estudio se desarrolló bajo una metodología de tipo aplicada, con un nivel explicativo, diseño no experimental y enfoque cuantitativo. La población estuvo conformada por dos pozas de la piscigranja de Sacsamarca, y la muestra consideró 10 truchas recolectadas mensualmente mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados promedio obtenidos fueron de 0.037 mg/kg para mercurio (Hg), 0.216 mg/kg para plomo (Pb) y 0.150 mg/kg para arsénico (As). Se concluye que, al contrastar estos valores con los límites establecidos por la norma SANIPES–Perú y el Codex Alimentarius Commission (PMS/FAO), las truchas criadas en esta piscigranja se encuentran dentro de los rangos máximos permitidos.

Raffo (2021) en su investigación: en su investigación “Bioensayo con mercurio en alevinos de gamitana, *Colossoma macropomum*”, tuvo como finalidad establecer la concentración de mercurio capaz de producir mortalidad letal en alevinos de esta especie. El bioensayo se realizó con tres repeticiones, empleando alevinos de gamitana expuestos a distintas dosis durante 96 horas. Las pruebas se desarrollaron entre el 5 de agosto y el 5 de diciembre de 2017. Los alevinos fueron obtenidos del centro acuícola La Cachuela, perteneciente al Ministerio de la Producción, y trasladados por vía aérea a Lima para su acondicionamiento en la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura; el periodo de aclimatación fue de 30 días. Inicialmente se trabajó con rangos amplios del contaminante hasta delimitar intervalos más específicos y así estimar la concentración letal media (LC50). Además, se determinó mercurio en agua y en tejido muscular mediante el método de absorción atómica. Para cada acuario se seleccionaron 10 alevinos de tamaño similar y el ensayo se planteó como estático, es

decir, sin recambio de agua; durante el proceso se controlaron parámetros como oxígeno disuelto, pH y temperatura. El valor de LC50 para mercurio a las 96 horas fue de 1,68 ppm. Se concluye que los peces sometidos a concentraciones inferiores a ese umbral presentaron enrojecimiento de branquias, nado errático y otros signos anormales, cuya intensidad aumentó conforme se incrementaba la concentración del metal en el agua.

Antecedentes regionales

Rosales et al. (2020) en el artículo “Bioacumulación de metales pesados en tres especies de peces bentónicos del río Monzón, región Huánuco” (REBISOL), tuvieron como finalidad estimar los niveles de cadmio, plomo y cobre en boquichico (*Prochilodus nigricans*), carachama (*Chaetostoma sp.*) y juilia (*Parodon buckleyi*). Para ello recolectaron 12 ejemplares de cada especie en tres sectores del río Monzón y determinaron las concentraciones mediante espectrofotometría de absorción atómica, luego de una digestión ácida aplicada a muestras de músculo, hígado, sedimento y agua. Los resultados evidenciaron que, en las tres especies, el hígado concentró la mayor parte de los metales; en el músculo se registraron valores promedio de cadmio de 1.62 ppm en juilia, 1.59 ppm en carachama y 0.73 ppm en boquichico. Para plomo, se hallaron promedios de 5.09 ppm en carachama y 0.61 ppm en boquichico, sin detectarse en juilia. En cuanto al cobre, las concentraciones medias en músculo fueron de 2.78 ppm en juilia, 2.44 ppm en boquichico y 2.41 ppm en carachama. En síntesis, se concluye que el hígado es el principal órgano de bioacumulación; las tres especies retienen cadmio y cobre en el músculo; carachama y boquichico también acumulan plomo en ese tejido; y la juilia es la que presenta los mayores contenidos musculares de cadmio y cobre.

Romero (2021) en su tesis: Determinación de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos y análisis de agua procedentes del río Huallaga en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado,

departamento de Huánuco 2020. El estudio tuvo como finalidad cuantificar las concentraciones de cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) tanto en peces como en agua, comparando los resultados con los Límites Máximos Permisibles para agua y biota establecidos por SANIPES, la normativa de la Unión Europea y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). La recolección de muestras incluyó peces de las especies *Hypostomus oculus* (carachama), *Pimelodus blochii* (bagre) e *Imparfinis platyrhynchos* (doncella). Los ejemplares fueron adquiridos en el mercado modelo de Tingo María, mientras que las muestras de agua se obtuvieron directamente del Huallaga. El muestreo se realizó en tres repeticiones; para cada especie se extrajeron alrededor de 500 g de músculo, y para el agua se consideró 1 L por muestra. Todo el material fue procesado en el Laboratorio Central de la Universidad Nacional Agraria La Selva. En el caso del pescado, las muestras se secaron en estufa a 40 °C y luego se sometieron a digestión ácida usando una mezcla HNO₃–HClO₄ (1:1), calentada en plancha a 250 °C durante 2 horas. Para el agua, se adicionaron 5 mL de ácido nítrico y peróxido de hidrógeno, se digirió en plancha por el mismo tiempo y, tras ello, se filtró y aforó con agua ultrapura para la lectura instrumental. La determinación de metales se efectuó mediante Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES). Los valores obtenidos fueron los siguientes: en carachama, Cd = 0.30 mg/L y Pb = 0.54 mg/L; en bagre, Cd = 0.11 mg/L, Hg = 0.73 mg/L y Pb = 0.54 mg/L; en doncella, Cd = 0.14 mg/L, Hg = 0.71 mg/L y Pb = 0.60 mg/L. Para el agua del río, se registraron Cd = 0.0014 mg/L, Hg = 0.10 mg/L y Pb = 0.010666 mg/L. En conjunto, estos resultados brindan evidencia técnica sobre la carga de metales pesados presente en el Huallaga en esta zona y sirven como base para aaaaalos parámetros físico- químicos del agua, los resultados fueron los siguientes: conductividad 187.4 (µS/cm) < ECA, oxígeno disuelto 6.26 (mg/l) < ECA, potencial de hidrógeno 7.59 (pH) < ECA y Temperatura 23.1°C < ECA. Se concluye afirmando que la concentración de cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb), exceden los Indicadores sanitarios y de inocuidad se determinó que las

concentraciones de cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) superan los límites sanitarios y de inocuidad establecidos para los productos pesqueros y acuícolas destinados tanto al mercado interno como a la exportación. Esto se observó en las muestras de peces y de agua provenientes del río Huallaga y pone en evidencia un elevado riesgo de contaminación ambiental. En cambio, los parámetros físico-químicos del agua se encuentran dentro de los rangos permitidos por la normativa sanitaria y de inocuidad para productos pesqueros y acuícolas, ya sea para consumo nacional o para exportación, según los estándares de calidad ambiental, por lo que, desde este punto de vista, el agua no representa un peligro para el medio ambiente.

2.2. BASES TEÓRICAS

Dieta alimenticia

Se denomina dieta al conjunto de alimentos que una persona consume de forma habitual y que, en su totalidad, define su patrón o comportamiento nutricional. El término proviene del griego *diaita*, que puede traducirse como “modo de vida”. De este modo, la dieta no solo se refiere a lo que se come, sino que también se convierte en un hábito y en una manera de vivir (Pérez, 2021).

La dieta natural corresponde aquel presente en los estanques, tales como bacterias, gusanos, insectos, plantas acuáticas, peces, entre otros. Este alimento depende en gran medida, de la calidad del agua, la fertilización (especialmente orgánica) y la aplicación de cal. Por otro lado, los alimentos complementarios constituyen aquellos alimentos frescos que se suministran regularmente a los peces, por ejemplo, las plantas terrestres, desperdicios o derivados de la agricultura. Y, por último, los alimentos completos consisten en una mezcla de ingredientes que proveen los nutrientes suficientes para el crecimiento de las especies (SOMEX, 2021).

El comportamiento alimentario de los peces está fuertemente ligado al entorno acuático en el que viven. La forma en que comen se

ve influida por factores como la jerarquía dentro del grupo y la liberación de feromonas, la presencia de depredadores y los movimientos de las corrientes generadas por los distintos organismos que habitan el agua. Todo esto afecta cómo buscan, localizan y capturan su alimento. También intervienen los procesos de aprendizaje (por ejemplo, aceptar o rechazar ciertos alimentos) y los hábitos de consumo, entre otros aspectos. En conjunto, estos elementos determinan la dieta que finalmente ingieren y qué tan eficiente resulta su aprovechamiento del alimento, algo fundamental para asegurar la supervivencia de la especie (Botero, 2004).

Las plantas, gracias a la fotosíntesis, son capaces de usar la luz solar y nutrientes simples para generar su propia materia orgánica. Los animales, incluidos los peces, no tienen esa capacidad. Por ello, para poder vivir y crecer, los peces necesitan ingerir materia orgánica, ya sea en forma de plantas, de otros animales o de alimentos formulados que contengan ingredientes de origen vegetal y/o animal. En consecuencia, en una granja es esencial garantizar que los peces reciban raciones adecuadas, no solo en cantidad suficiente, sino también con la calidad necesaria para cubrir sus requerimientos nutricionales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2024).

En las distintas especies, la conducta alimentaria se ve desencadenada por una amplia variedad de sustancias químicas. En el caso de los peces teleósteos, se ha determinado que todas las señales relacionadas con el alimento corresponden a compuestos de bajo peso molecular (<1000), no volátiles, con grupos nitrogenados y carácter anfótero (Botero, 2004).

No obstante, según los requerimientos de producción de la granja, se puede definir el alimento de los peces en función de sistemas de producción tipo extensivos, semi-intensivo o intensivo; el primero dependerá de alimentos naturales, mientras que el sistema de producción semi-intensivo dependerá de una alimentación natural y

complementaria, por medio del cual se podrán criar más peces en el estanque. Y finalmente, el intensivo dependerá únicamente de alimentos complejos, lo cual respecta que la tasa de reproducción pasará a depender de otros factores independientes a los alimentos, tales como la calidad del agua (SOMEX, 2021).

En la actualidad muchos de los de las personas que están dedicados a la crianza de diferentes especies de peces de agua dulce están optando por emplear en su alimentación proteína vegetal ya que posee gran fuente de energía y les brinda gluten que se alojan en su organismo y musculo para poder expulsar los metales posibles dañinos para la salud humana, de tal manera la proteína animal lo emplean por tener un alto concentrado de la materia viva el cual tiene una serie de aminoácidos beneficiario para los peces (Sichao, 2021).

Los peces ajustaban su demanda de alimento a la cantidad de nutrientes ofrecidos en cada dispensación así van a acudir más veces al dispensador, asimismo la variación de la temperatura del agua, provocaba otra, en la misma dirección la cantidad de comida demandada (Defensoria del pueblo, 2018).

Para facilitar la localización es necesario que las características químicas y físicas de aquel, así como las técnicas de alimentación, se adapten, tanto a las capacidades motoras y sensoriales, como a los atributos comportamentales de todas las especies cultivadas. También es necesario tener en cuenta las etapas del ciclo vital y el tamaño del cuerpo, la mayoría de los peces son primariamente alimentadoras visuales, por lo que podemos esperar que la eficacia en la alimentación sea influenciada por los niveles de luz ambiental, pueden afectar a los

valores energéticos de la presa, dado su influencia sobre la eficacia del ataque del predador. (Espinoza, 2019)

Definición de peces

Los peces son animales de sangre fría (ectodermos = poiquiloterms), caracterizados por poseer vértebras, branquias y aletas. Dependen fundamentalmente del agua, que es el medio donde viven. Su origen se remonta al período devónico, hace 300 millones de años. Los peces son los vertebrados más numerosos estimando que hay cerca de 20.000 especies vivientes (Mancini, 2002)

Tabla 1

Composición porcentual de los grupos de vertebrados más recientes

Vertebrados	Numero	%
Anfibios	2500	6
Mamíferos	4500	10.8
Reptiles	6000	14.4
Aves	8600	20.7
Peces	20000	48.1

Nota. La tabla muestra la composición en porcentajes de las especies. Extraído de (Mancini, 2002).

Tipos de peces

Una particularidad anatómica importante que diferencia a las especies de agua dulce de las marinas es la presencia del esfínter cardíaco situado entre el esófago y el estómago. Esta estructura se relaciona con los procesos de osmorregulación. En los peces de agua salada, que viven en un medio hiperosmótico y necesitan beber agua de manera constante para conservar su equilibrio osmótico, este esfínter no está presente (Maguregui, 2020).

A partir de su forma de alimentación, las especies de peces pueden agruparse en cuatro grandes categorías: herbívoros, detritívoros, planctívoros y carnívoros.

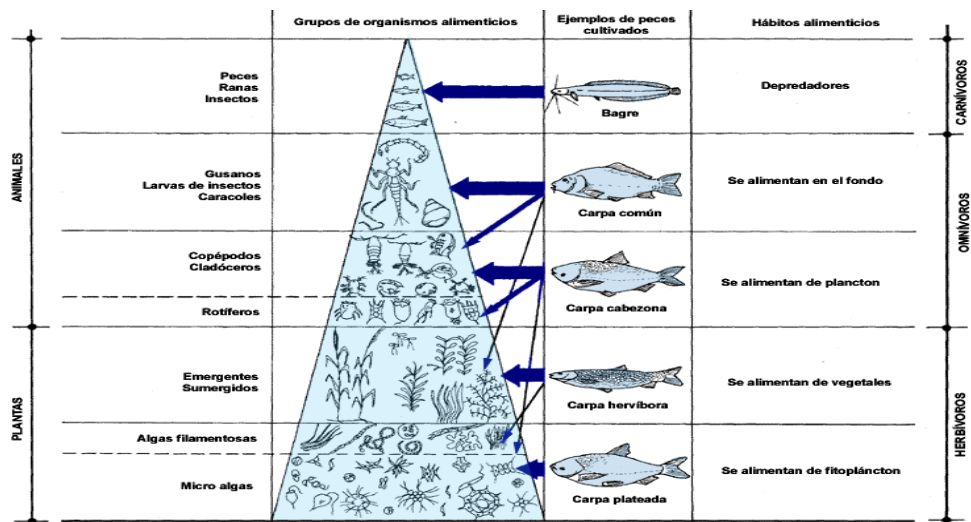
- **Herbívoros:** Constituyen solo una pequeña fracción dentro del conjunto de peces, y se observan con mayor frecuencia en aguas cálidas comprendidas aproximadamente entre los 40°N y los 40°S. Son comunes en ríos y lagos tropicales, así como en arrecifes de

coral. Debido a que ocupan los niveles inferiores de la cadena trófica, es decir, están cerca de la base de la cadena alimentaria, suelen ser las especies de peces más numerosas en sus comunidades (Maguregui, 2020).

- **Carnívoros:** Estos peces tienden a caracterizarse por su hábito de alimentarse principalmente de carne u otros animales. Estos peces presentan adaptaciones tanto en su anatomía como en su comportamiento para poder cazar, capturar y consumir una gran cantidad de presas, estén vivas o muertas. La dieta está formada sobre todo por otros peces y por invertebrados acuáticos y, en algunas ocasiones, por distintos organismos marinos adicionales (Cruz, 2024).
- **Planctívoros:** Este grupo está formado por peces filtradores; es decir, obtienen su alimento al aspirar el agua y retener las partículas nutritivas mediante los rastrillos branquiales situados en sus branquias. Este modo de alimentación ofrece dos ventajas principales: por una parte, permite que depredadores de mayor tamaño consuman presas muy pequeñas y, por otra, hace posible que se alimenten de forma casi continua, tanto de día como de noche, ya que no dependen de la visión para capturar el alimento (Maguregui, 2020).

Figura 1

Tipos de peces y su alimentación



Nota. La figura muestra los tipos de peces y el tipo de alimentación que estos llevan, detallando los hábitos alimenticios de cada uno de ellos. Extraído de (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2024).

Contenido de la dieta de los peces

En un estanque, los peces disponen de una gran variedad de alimentos naturales, que por lo general están formados por una mezcla bastante compleja de organismos vegetales y animales.

- a. Varían desde microscópicos a un tamaño relativamente grande.
- b. Pueden estar vivos o muertos (detrito) y provenir de descomposición de bacteria.
- c. Por lo general, estos alimentos naturales se encuentran distribuidos en diferentes zonas del estanque:
 - En las orillas, principalmente como plantas altas enraizadas;
 - Suspendidos o flotando en el agua, como ocurre con el plancton;
 - En el fondo o dentro del sedimento (es decir, el bentos o material bentónico), donde pueden hallarse organismos como gusanos, larvas de insectos y caracoles;
 - Sobre la superficie de objetos sumergidos, formando una especie de recubrimiento biológico o aufwuchs;
 - Desplazándose libremente por el estanque, por ejemplo, insectos acuáticos, ranas y peces, que forman parte del necton (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2024).

Conviene destacar que, entre todos los nutrientes incluidos en la dieta de los peces, la proteína suele ser el componente con mayor impacto económico. Aunque en la naturaleza existen más de 200 aminoácidos, en la nutrición se consideran principalmente 20, y 10 de ellos son esenciales para los peces, por lo que no pueden faltar en su alimentación. Estos son: metionina, arginina, treonina, triptófano, histidina, isoleucina, lisina, leucina, valina y fenilalanina. En conjunto,

estos aminoácidos participan en procesos indispensables para el crecimiento y el desarrollo normal de las especies acuáticas. Por esa razón, incluso cuando se emplean alimentos acuícolas formulados con proteínas de origen vegetal (por ejemplo, a partir de ingredientes vegetales), es clave que la ingesta proteica se controle y garantice un aporte completo de aminoácidos esenciales (Lasso, 2019). En muchos casos, los peces requieren niveles elevados de proteína, que pueden representar alrededor del 40–50% de la ración. No obstante, en la acuicultura industrial se reconoce como dificultad la menor digestibilidad de algunas fuentes proteicas vegetales, lo que puede afectar el aprovechamiento real de la proteína suministrada (Maguregui, 2020).

Respecto a la inocuidad

El Decreto Legislativo, N° 1062, promulgado el 8 de agosto de 2010 en Perú, establece la Ley de Inocuidad de los Alimentos. Esta ley tiene como objetivo principal garantizar la protección de la salud pública a través de la regulación y el control de los alimentos, asegurando que sean seguros para el consumo.

Siendo los puntos clave del Decreto Legislativo 1062:

Objetivo: La ley busca asegurar que los alimentos en Perú sean inocuos y no representen riesgos para la salud de los consumidores. Se enfoca en prevenir y reducir los riesgos asociados a los alimentos.

Ámbito de Aplicación: Esta disposición se aplica a todos los alimentos destinados al consumo humano, ya sean elaborados dentro del país o importados. Además, abarca los productos a lo largo de toda la cadena de suministro, desde su producción hasta su comercialización al por menor.

Responsabilidades: Establece las responsabilidades de los productores, procesadores, distribuidores y vendedores de alimentos para cumplir con los estándares de inocuidad. Cada uno debe

garantizar que los alimentos cumplan con los requisitos de seguridad establecidos.

Normas y Regulaciones: Establece un marco legal que fija los criterios técnicos y las condiciones necesarias para asegurar la inocuidad de los alimentos. Este marco contempla disposiciones aplicables a todas las etapas, desde la producción y el procesamiento, hasta el almacenamiento, el transporte y la comercialización de los productos alimentarios.

Control y Vigilancia: Define qué entidades o autoridades son responsables de supervisar y garantizar la inocuidad alimentaria. Esto implica realizar inspecciones, hacer seguimiento continuo y aplicar medidas correctivas cuando se identifiquen riesgos o incumplimientos que puedan afectar la seguridad de los alimentos.

Sistema de Información: Establece la necesidad de un sistema de información para rastrear y gestionar los riesgos alimentarios, permitiendo una respuesta rápida ante posibles problemas de seguridad alimentaria.

Sanciones y Penalidades: Define un régimen de sanciones para las empresas y personas que incumplan las normas de inocuidad alimentaria, que puede incluir multas y otras medidas correctivas.

La implementación de esta ley busca mejorar la confianza del consumidor en los alimentos disponibles en el mercado y asegurar un alto estándar de salud pública en relación con la alimentación.

El reglamento del Decreto Legislativo 1062, que aprueba la Ley de Inocuidad de los Alimentos en Perú, es el Reglamento de la Ley de Inocuidad de los Alimentos. Este reglamento se promulgó mediante el Decreto Supremo N° 007-2011-SA el 27 de mayo de 2011.

Siendo sus aspectos clave del Reglamento:

Objetivo: Detallar y concretar los procedimientos y requisitos necesarios para la implementación efectiva de la Ley de Inocuidad de los Alimentos.

Ámbito de Aplicación: Define con mayor precisión el alcance de la ley en relación con los alimentos y bebidas, incluyendo detalles sobre las etapas de la cadena alimentaria.

Requisitos Técnicos: Define lineamientos específicos para cada etapa relacionada con los alimentos desde la producción y el procesamiento, hasta el almacenamiento, el transporte y la comercialización con el propósito de asegurar que sean inocuos y seguros para el consumo.

Control y Vigilancia: Proporciona lineamientos para la supervisión y control por parte de las autoridades competentes, incluyendo los procedimientos para las inspecciones y la toma de muestras.

Responsabilidades: Define las obligaciones de los operadores económicos en la cadena alimentaria para cumplir con los requisitos de inocuidad, así como las responsabilidades de las autoridades de control.

Sanciones: Establece las sanciones y medidas correctivas para los incumplimientos, incluyendo multas y otras acciones en caso de violaciones a las normas de inocuidad.

Registro y Certificación: Regula los procedimientos para el registro y certificación de los establecimientos y productos que deben cumplir con los requisitos de la ley.

En resumen, el reglamento proporciona un marco detallado y operativo para la implementación de la Ley de Inocuidad de los Alimentos, asegurando que se cumplan los estándares de seguridad alimentaria en Perú

Así mismo podemos verificar respecto a los valores en:

Metales Pesados

- Plomo (Pb): El límite máximo en alimentos varía, pero comúnmente se establece en 0.1 mg/kg para la mayoría de los alimentos.
- Cadmio (Cd): Límite máximo generalmente de 0.1 mg/kg en alimentos como cereales y vegetales.
- Arsénico (As): Límite máximo típicamente de 0.1 mg/kg para alimentos como cereales y vegetales

Pesticidas

Los límites para residuos de pesticidas en alimentos están regulados y varían según el tipo de pesticida y el alimento específico. Generalmente, los límites están establecidos en partes por millón (ppm) y deben cumplir con los estándares internacionales, como los de la FAO/OMS (*Codex Alimentarius*).

Contaminantes Microbiológicos

Bacterias patógenas (por ejemplo, *Salmonella*, *Escherichia coli*): Los límites varían dependiendo del tipo de alimento. En general, se espera que estos microorganismos no estén presentes en alimentos listos para el consumo.

Límites de microorganismos indicadores (por ejemplo, coliformes totales): Generalmente, los límites son establecidos para asegurar que los alimentos han sido manejados y procesados adecuadamente para prevenir contaminación.

Aditivos y Conservantes

Aditivos: Los niveles permitidos dependen del tipo de aditivo y el alimento específico. La legislación proporciona listas de aditivos permitidos y sus concentraciones máximas.

Conservantes: Los límites están definidos para asegurar que los niveles de conservantes no excedan los umbrales seguros para la salud.

Contaminantes Físicos

Residuos de plásticos y metales: Los alimentos deben estar libres de contaminantes físicos que puedan resultar de prácticas inadecuadas en la manipulación o procesamiento.

Metales pesados

El concepto de metal pesado alude a elementos metálicos con alto peso atómico, cuya densidad supera en cinco veces la del agua y que pueden resultar tóxicos incluso en concentraciones bajas. Se trata de sustancias relativamente estables con características metálicas, donde predominan los metales de transición, además de ciertos semimetales, lantánidos y actínidos. En conjunto, estos elementos representan apenas alrededor del 1% de las rocas que integran la corteza terrestre. Asimismo, suelen describirse como contaminantes persistentes porque no son biodegradables, es decir, no se degradan fácilmente por acción biológica debido a que no se degradan por acción bacteriana y no se dispersan con facilidad, lo que dificulta su remoción y hace que permanezcan en los ecosistemas acuáticos (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2004).

Los metales pesados son elementos presentes de manera natural, caracterizados por su alta masa molecular. Están ampliamente distribuidos y, en muchos casos, tienen aplicaciones útiles; por ejemplo, el plomo, comúnmente empleado en tuberías, o el cadmio. Cuando se analiza el tema de la contaminación, estos metales generan especial preocupación en los ecosistemas acuáticos, ya que pueden ser tóxicos y además tienden a bioacumularse. Como resultado, afectan la calidad del agua y provocan impactos negativos tanto en la flora como en la fauna, por lo que suelen considerarse un factor importante en la contaminación de ambientes acuáticos. Asimismo, pueden llegar a los

sistemas de abastecimiento de agua a través de descargas industriales vertidas sin tratamiento previo, que luego se acumulan en lagos, ríos y distintos acuíferos (Esterógue, 2009).

Por otro lado, los metales pesados se encuentran de forma habitual como componentes naturales de la corteza terrestre, formando parte de minerales, sales u otros compuestos. No se degradan con facilidad por procesos naturales o biológicos y no cumplen funciones metabólicas específicas en los seres vivos. Su riesgo aumenta porque pueden acumularse en organismos y en cultivos. En este contexto, la bioacumulación se entiende como el incremento progresivo de la concentración de una sustancia química en un organismo a lo largo del tiempo, en relación con los niveles presentes en el ambiente. En menor proporción, estos metales también pueden incorporarse a plantas y animales a través de la cadena alimentaria, y desplazarse mediante el agua y el aire, dependiendo de su movilidad en esos medios (Prieto et al., 2009).

Toxicidad de los metales pesados

Los metales pesados pueden resultar perjudiciales para las personas, ya que tienden a acumularse en el organismo y el cuerpo no los elimina con facilidad. Por ello, su presencia está regulada y se supervisan sus niveles, por ejemplo, en el agua. Sin embargo, es importante aclarar que no todos los metales pesados son tóxicos: varios de ellos cumplen funciones necesarias y, en cantidades bajas, son esenciales para la salud (Ferrer, 2003).

En la actualidad, factores como el avance tecnológico, el consumo a gran escala, la generación de residuos, la contaminación y ciertos hábitos poco saludables favorecen la exposición a estas sustancias. Como no se eliminan fácilmente, pueden acumularse y causar distintos malestares; si no se controlan, incluso podrían desencadenar consecuencias graves (Ferrer, 2003).

El agua puede contener trazas de metales pesados, ya sea por una depuración insuficiente o por haber estado en contacto con materiales que los liberan, como tuberías con plomo. A la vez, el aire se ve afectado por emisiones industriales y por la combustión de vehículos; por eso, estos metales pueden entrar al cuerpo a través de la respiración e incluso depositarse y acumularse en la piel (Pabón, Benítez, Sarriá, & Gallo, 2021).

Además, también podemos incorporarlos mediante la alimentación. En algunos casos, ciertas prácticas de agricultura y ganadería emplean sustancias nocivas que luego pueden aparecer en productos como plantas, verduras, carnes y pescados (Casolsini, 2021).

En consecuencia, la exposición a metales pesados puede ser frecuente, y el riesgo de presentar alteraciones aumenta cuando sus concentraciones son elevadas. A continuación, se mencionan algunos de los metales pesados de mayor toxicidad:

- **Plomo:** El plomo es un metal utilizado desde tiempos antiguos y, por ello, la mayoría de las personas ha estado expuesta a él en algún momento. Puede afectar distintos sistemas del cuerpo, así como órganos y tejidos, y su impacto suele relacionarse con la cantidad acumulada en el organismo. Sin embargo, los niveles a partir de los cuales aparecen efectos tóxicos no son iguales en todos los individuos. En general, los niños absorben una proporción mayor de plomo y pueden presentar consecuencias más severas que los adultos, ya que están en una etapa de desarrollo activo y existen factores fisiológicos, patológicos y de conducta que aumentan su vulnerabilidad. Por esta razón, los servicios de salud pública pueden identificar zonas o grupos con mayor riesgo de intoxicación por plomo y establecer acciones para el tamizaje, la detección temprana y el tratamiento de las

personas afectadas. La medición de plomo en sangre venosa se considera una de las pruebas más sensibles para evaluar la exposición, y se recomienda mantener valores en sangre por debajo de 10 µg/dL (Poma, 2008)).

- **Mercurio:** Cuando el mercurio ingresa al organismo, puede aumentar el riesgo de presentar diversos problemas de salud, como alteraciones del sueño, cambios en el estado de ánimo y molestias respiratorias. Este metal tiende a acumularse en órganos como los riñones y también puede afectar el cerebro y el sistema nervioso. Además, puede interferir en la absorción de minerales como el zinc, el selenio y el hierro. En casos de exposición significativa, puede generar un deterioro general del organismo y, en muchas personas, desencadenar cansancio persistente. Con frecuencia, el mercurio puede encontrarse en peces grandes, así como en algunos pesticidas y otros insumos usados en actividades agrícolas y ganaderas; también puede estar presente en amalgamas dentales, entre otras fuentes (Organización mundial de la salud, 2017)
- **Cadmio:** El cadmio —cuyo nombre se asocia al latín cadmia y al griego kadmeia (relacionado con la “calamina”, denominación antigua del carbonato de zinc)— fue identificado en Alemania en 1817 por Friedrich Strohmeyer, inicialmente como una impureza presente en dicho carbonato de zinc. En la población general, una de las vías más importantes de exposición al cadmio es el consumo de tabaco, especialmente a través del humo del cigarrillo. También puede incorporarse por medio de líquidos, por ejemplo, cuando el agua entra en contacto con tuberías o uniones/soldaduras que contienen cadmio, o cuando proviene de fuentes contaminadas por descargas industriales. Entre estas actividades se incluyen, por ejemplo, plantas que vierten residuos a ríos, como las

dedicadas al acabado de metales, la industria electrónica y la fabricación de pigmentos (pinturas y agentes colorantes). Las manifestaciones clínicas relacionadas con la exposición al cadmio pueden organizarse según el tiempo y la forma de exposición. En la población general, salvo eventos excepcionales como accidentes o contaminaciones masivas (por ejemplo, a través de alimentos), los cuadros suelen presentarse de manera crónica. En cambio, en contextos laborales es más habitual encontrar casos tanto agudos como crónicos, con características más marcadas (Pérez & Azcona, 2012).

- **Cobre:** La acumulación de cobre en el cuerpo puede generar efectos negativos, como daño en el hígado y los riñones, además de favorecer cuadros de anemia e irritación a nivel intestinal.
- **Manganeso:** En la tabla periódica, el cobre se representa con el símbolo Cu y tiene número atómico 29. Es un metal de transición reconocido por su alta conductividad eléctrica. No obstante, si se consume en exceso, puede volverse perjudicial. Una ingesta elevada y sostenida puede ocasionar problemas hepáticos y síntomas como dolor abdominal, calambres, náuseas, diarrea y vómitos. La intoxicación por cobre no es común en personas sanas; sin embargo, puede presentarse en casos como la enfermedad de Wilson, que es un trastorno genético poco frecuente. También podría ocurrir si el agua potable se contamina al pasar por tuberías con cobre o cuando el sistema de filtrado no lo retiene adecuadamente (Liudmila & Feoktistova, 2018).
- **Zinc:** Cuando el zinc se encuentra en niveles demasiado altos, puede causar molestias gastrointestinales y afectar las mucosas. Por ello, es recomendable reducir la exposición a estos metales pesados evitando fuentes de contaminación y procurando consumir alimentos

controlados o supervisados para el consumo humano (Casolsini, 2021).

- **Selenio:** El selenio es un nutriente necesario para conservar un buen estado de salud. Aun así, cuando se consume en exceso, por ejemplo, a través de alimentos con niveles muy altos de Se puede provocar efectos tóxicos conocidos como selenosis, tanto en humanos como en animales. Por otro lado, su deficiencia también puede perjudicar la salud y manifestarse de distintas maneras. En situaciones de déficit severo y endémico, se ha relacionado principalmente con dos enfermedades bien documentadas: la enfermedad de Keshan (una miocardiopatía infantil) y la enfermedad de Kashin–Beck, que es una osteoartritis endémica observada con frecuencia en adolescentes y preadolescentes (Bellido & Bellido, 2013).
- **Bario:** El bario es un metal de tono blanco plateado que, al entrar en contacto con el aire, puede adquirir una apariencia amarillenta. En la naturaleza no suele encontrarse “puro”, sino formando distintos compuestos de bario, generalmente sólidos, presentes como polvos o cristales y con baja facilidad para incendiarse. Entre los compuestos más comunes destacan el sulfato de bario y el carbonato de bario, que aparecen a menudo en depósitos minerales subterráneos. Los efectos en la salud asociados a la exposición dependen, en gran medida, de qué tan soluble sea el compuesto en el agua o en el estómago. Por ejemplo, el sulfato de bario se disuelve poco, por lo que suele causar menos efectos adversos. De hecho, en medicina se utiliza en algunos pacientes (por vía oral o rectal) para mejorar la visualización del estómago o los intestinos en estudios radiográficos (Departamento de Salud y Servicios Humanos, 2007).
- **Antimonio:** El antimonio es un metal de aspecto plateado blanquecino y de consistencia relativamente moderada,

pero muy quebradizo, por lo que tiende a fracturarse con facilidad. En la naturaleza aparece en proporciones pequeñas dentro de la corteza terrestre. Debido a que por sí solo no ofrece buena resistencia mecánica, lo habitual es incorporarlo en bajas cantidades a otros metales (como plomo o zinc) para obtener aleaciones con mejores propiedades. Este tipo de mezclas se emplea en distintos usos industriales, por ejemplo, en baterías de plomo, soldaduras, fabricación de láminas y tuberías, rodamientos, moldes, algunos artículos metálicos, municiones y objetos de peltre (Departamento de Salud y Servicios Humanos, 2007).

- **Aluminio:** El aluminio (Al) destaca por ser el metal más abundante de la corteza terrestre, y por eso es frecuente encontrarlo en suelos y rocas, además de estar presente en el agua, el aire y diversos alimentos. En condiciones normales, su toxicidad es baja y la exposición ocurre principalmente a través de la alimentación. No obstante, en situaciones específicas y poco comunes, puede acumularse en el organismo y relacionarse con efectos perjudiciales en distintos órganos, incluyendo alteraciones importantes del sistema nervioso. Entre los escenarios señalados se incluyen problemas renales, el uso prolongado de fármacos con altos contenidos de aluminio y casos de exposición accidental (Departamento de Salud y Servicios Humanos, 2007).

Fuentes de metales pesados

Metales como el plomo, cadmio y arsénico, entre otros, pueden llegar tanto a los ecosistemas acuáticos como a los suelos, principalmente por acciones humanas. Su presencia representa un problema para plantas, animales e incluso para las personas, porque

son sustancias persistentes, con tendencia a bioacumularse, no se degradan fácilmente y pueden resultar tóxicas aun en cantidades pequeñas. Por eso, que estos elementos aparezcan en distintos ambientes genera preocupación, ya que muchos seres vivos dependen de un equilibrio adecuado en su hábitat para alimentarse y sobrevivir. Además, la forma y el nivel en que estos metales se incorporan a cada ecosistema varía según la actividad humana que se realice. Un ejemplo es el cromo, muy utilizado en diversos procesos industriales, como recubrimientos plásticos, galvanoplastia para mejorar la resistencia a la corrosión, curtido y acabado de cueros, elaboración de pigmentos y como conservante para madera (Pabón et al., 2021).

Presencia de metales en las aguas

La contaminación por metales pesados y metaloides en el agua, el suelo y el aire se considera uno de los problemas ambientales más serios, porque afecta tanto la seguridad alimentaria como la salud pública, a escala local y mundial. En general, se entiende por metal pesado a un elemento químico con propiedades metálicas y alta densidad; aunque también hay autores que proponen definirlos según su número o peso atómico, o incluso por ciertos rasgos químicos y su nivel de toxicidad, para diferenciarlos de otros metales (Reyes *et. al.* 2016).

Aunque el agua puede contener metales pesados de manera natural, el aumento de sus concentraciones además de procesos de enriquecimiento natural cuando el agua atraviesa acuíferos con rocas ricas en estos elementos se relaciona principalmente con actividades humanas. Entre ellas destacan la minería y la industria, que generan residuos con plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo; estos contaminantes pueden llegar a los ríos y también afectar las aguas subterráneas (Reyes *et. al.* 2016).

Efectos respecto al medio ambiente

Los impactos pueden ser importantes y dependen en gran medida de la concentración presente. En el suelo, por ejemplo, pueden modificar su alcalinidad y terminar afectando tanto al propio terreno como al agua y a los cultivos. Cuando la contaminación es alta (por ejemplo, por exceso de plomo), pueden aparecer alteraciones en las plantas; además, el suelo se degrada, pierde productividad y, si el problema se intensifica, puede incluso favorecer procesos de desertificación. En ríos y lagos, el efecto se observa sobre todo en la fauna. Una dificultad adicional es que este tipo de contaminación suele avanzar de forma silenciosa: no siempre se percibe a simple vista y, cuando se reconoce el daño, muchas veces ya es tarde; además, implica riesgos para la salud. Aun así, se han venido aplicando medidas de control, aunque en algunos países industrializados su adopción ha tenido obstáculos y ha requerido un esfuerzo considerable (Romero K., 2009)

Formas de contaminación por metales pesados en los ríos

En términos generales, la incorporación de metales pesados a los ríos (y también a los ambientes marinos) puede explicarse a partir de dos grandes orígenes:

- **Fuentes Naturales:** Desde el punto de vista geológico, los metales pesados forman parte de un conjunto de elementos que, en total, representan cerca del 1% de las rocas ígneas. Además, también aparecen en rocas sedimentarias, donde suelen quedar retenidos o adheridos a minerales secundarios. Estos minerales se generan como resultado de la desintegración física y la transformación química de minerales primarios, lo que sugiere que la presencia de metales pesados puede darse en ambos tipos de rocas y, por lo general, terminar concentrándose en ríos y sedimentos. Esta situación se ve favorecida por los sólidos en suspensión presentes en el agua, cuyos tamaños van desde

partículas coloidales hasta fragmentos más grandes. Entre los componentes que con frecuencia incrementan la turbidez se incluyen arcillas, limos, residuos orgánicos e inorgánicos, fitoplancton y otros microorganismos. (Argota, 2018)

- **Fuentes artificiales:** Las principales causas asociadas a la acción humana suelen estar vinculadas a actividades extractivas e industriales, como la minería, la explotación petrolera, la obtención industrial de metales y procesos derivados. A esto se suman actividades del sector agrícola y ganadero, que pueden introducir metales pesados por distintas vías, por ejemplo.
 - Impurezas en fertilizantes que pueden contener Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn.
 - Uso de pesticidas, fungicidas, desecantes y productos para conservar la madera, que pueden incluir metales como Cu, As y Hg, entre otros (según el fragmento visible).
 - Actividades ganaderas y acuícolas: algunas explotaciones generan residuos en los que pueden encontrarse metales como Cu y As.
 - Aguas residuales: ciertos efluentes pueden arrastrar, en especial, Cd, Ni, Cu, Pb y Zn, entre otros elementos.
 - Lixiviados y filtraciones de vertederos: los líquidos que percolan a través de residuos sólidos pueden transportar metales como Pb, Zn y Cu (Argota, 2018).

Origen y distribución de los metales pesados

Los metales pesados están presentes en los ecosistemas marinos, aunque no todos provienen del mismo origen. Dentro de los aportes naturales, los más relevantes suelen ser el drenaje continental y el escurrimiento superficial de los suelos. En estos procesos, los metales que están disponibles en el ambiente y que proceden de la roca madre pueden liberarse y pasar a la superficie y a los suelos de la biosfera por mecanismos biológicos o mecánicos (meteorización). Además, existen otras fuentes naturales como las emisiones volcánicas

y la lixiviación asociada a la mineralización que también movilizan elementos y terminan influyendo en los ciclos químicos y biológicos de los ambientes acuáticos (Argota, 2018).

Normativa Indicadores sanitarios y de una ciudad para los productos pesqueros y acuícolas para mercado nacional y de exportación

El Límite Máximo Permisible (LMP) es el valor que establece la concentración máxima aceptable de ciertos elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en un efluente o en una emisión. Cuando ese valor se supera, existe la posibilidad de generar impactos negativos en la salud, el bienestar de las personas y el medio ambiente. En la práctica, el LMP se evalúa en el punto donde se origina la descarga, es decir, en el lugar de emisión o vertimiento de los efluentes provenientes de actividades económicas. Por ello, si en esa fuente se registran niveles que exceden lo permitido, se entiende que pueden aparecer riesgos y daños potenciales tanto para la salud como para el entorno ambiental.

Tabla 2

Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para mercado nacional y de exportación

N°	Determinaciones	Límite máximo permitido (mg/Kg)
1	Plomo	2.5
2	Cadmio	2
3	Arsénico	25

Nota. La tabla muestra los límites e contaminantes que deben tener pescados para ser altos para el consumo humano. Extraído de (SINEPES, 2016)

Metales pesados en peces

Durante mucho tiempo, la presencia de metales pesados en distintos alimentos se ha considerado un hecho conocido e incluso asumido como parte de su composición natural. No obstante, en años recientes, diversos análisis e investigaciones han mostrado que los metales pesados detectados en ciertos productos —en especial en pescados, mariscos y sus derivados— guardan una relación directa con la contaminación de cuerpos de agua como ríos, lagos y océanos. Por ello, este tema se ha convertido en un punto clave de estudio dentro de la biología y el análisis ambiental en ambientes marinos (Barraza & Recavarren, 2018).

En el medio marino, los metales pesados pueden incorporarse a los peces por tres vías principales: primero, mediante el consumo de alimentos y sedimentos contaminados; segundo, a través de la ingestión indirecta, que también representa una ruta relevante de incorporación; y, finalmente, por contacto con la superficie corporal, es decir, por exposición directa al agua del entorno (Barraza & Recavarren, 2018).

Los metales pesados suelen clasificarse como elementos traza. Algunos de ellos son necesarios para el organismo y, en cantidades pequeñas, contribuyen al buen funcionamiento del metabolismo (por ejemplo, cobre, selenio y zinc). Sin embargo, incluso estos pueden volverse peligrosos si su concentración aumenta, ya que podrían desencadenar intoxicaciones severas. Dentro de este mismo grupo también se incluyen metales como el arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb); en estos casos, no se reconoce que aporten algún beneficio para el cuerpo (Barraza & Recavarren, 2018).

Capacidad de bio concentración de los peces

La bioconcentración describe el proceso mediante el cual una sustancia química puede ir acumulándose de manera continua en los organismos del ambiente, alcanzando a veces niveles más altos en el

ser vivo que en el medio que lo rodea. Por su parte, la bioacumulación se entiende como el aumento progresivo de esa sustancia dentro del organismo cuando existe una exposición prolongada, lo cual puede notarse, por ejemplo, cuando la concentración interna se incrementa conforme el individuo envejece.

Aunque ambos conceptos se parecen, hay una diferencia clave: la bioacumulación considera también lo que el organismo incorpora a través de la dieta, es decir, por la ingestión de alimentos. Finalmente, la biomagnificación se refiere al “salto” de estas sustancias a niveles superiores de la cadena trófica, cuando los compuestos acumulados pasan de una presa a un depredador y tienden a concentrarse cada vez más en los niveles más altos (La Colla, 2016)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Metales pesados

Los metales pesados forman parte de manera natural de la corteza terrestre. En los seres vivos, algunos de ellos cumplen funciones relevantes porque participan en procesos bioquímicos y fisiológicos. De hecho, ciertos metales se consideran oligoelementos esenciales, necesarios para que diversos sistemas del organismo funcionen correctamente. Entre los ejemplos más citados están el cobre, el manganeso y el zinc, que intervienen en el metabolismo y resultan indispensables, especialmente en mamíferos (Cabrera, 2012).

Cadmio

El cadmio es un elemento metálico con número atómico 48, de apariencia blanco-azulada, brillo marcado y propiedades que lo hacen dúctil y maleable. Aunque su presencia en la corteza terrestre no es elevada, suele encontrarse principalmente como sulfuro, asociado a minerales de zinc. Desde el punto de vista industrial, se utiliza en procesos como el recubrimiento electrolítico de metales y en la fabricación de baterías y acumuladores; además, se menciona su uso

en el ámbito de la industria nuclear. En general, destaca por tener múltiples aplicaciones, incluso como componente de aleaciones metálicas. Asimismo, se describe como un metal poco reactivo y con varios estados de oxidación considerados estables (Real academia española, 2024)

Plomo

El selenio (Se) es un elemento que suele asociarse a origen volcánico. Con frecuencia aparece junto al azufre y puede encontrarse en suelos arcillosos. Además, puede generarse como subproducto durante la obtención industrial de azufre y en la producción de ácido sulfúrico. Desde el punto de vista químico, el selenio forma con el hidrógeno y el oxígeno compuestos comparables a los del azufre, como H_2Se , H_2SeO_3 , H_2SeO_4 y SeO_2 . Incluso, en ciertos casos, puede sustituir al azufre dentro de algunos aminoácidos, como la cistina y la metionina (Acosta, 2007)

Arsénico

El bario se representa con el símbolo Ba (su nombre proviene de barium). Presenta un punto de ebullición cercano a 1845 °C y se funde alrededor de 727 °C. En términos químicos, comparte similitudes con el calcio, aunque tiende a ser más reactivo. Puede reaccionar en presencia de cobre y se oxida rápidamente cuando entra en contacto con el agua o con el oxígeno. Asimismo, también puede reaccionar con el alcohol (Pérez & Merino, 2017)

Paco (*Piaractus brachypomus*)

La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) es una especie originaria de las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas. Se reconoce por su alto potencial productivo y comercial en sistemas de piscicultura extensiva, semi intensiva e intensiva en aguas cálidas continentales de la América tropical. Además, se adapta bien al manejo en cautiverio, destaca por su docilidad y rusticidad, y suele mostrar buena resistencia

frente a enfermedades presenta una buena capacidad de adaptación cuando el ambiente acuático atraviesa condiciones limnológicas desfavorables, siempre que estas no se mantengan durante periodos prolongados (Mesa & Botero, 2007)

2.4. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

H₁: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) es efectiva en la reducción de los niveles de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles procedentes del rio Monzón paco (*Piaractus brachypomus*).

H₀: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) no es efectiva en la reducción de los niveles de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles procedentes del rio Monzón paco (*Piaractus brachypomus*).

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H. E_{1.1}: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) disminuye significativamente los niveles de plomo en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

H. E_{1.2}: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) disminuye significativamente los niveles de cadmio en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

H. E_{1.3}: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) disminuye significativamente los niveles de arsénico en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Dieta alimenticia.

2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA

Reducción de Metales pesados.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“Efectividad de la dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*), en la reducción de metales pesados en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*) en la localidad de Cachicoto”

Variable de calibración	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Dieta alimenticia				
	Tipos de dietas alimentarias	<ul style="list-style-type: none"> • Cilantro (<i>Coriandrum salivan</i>) • Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • gr • gr 	Nominal
Variable evaluativa	Dimensiones	Indicadores *	Valor final	Tipo de variable
	Parámetros físicos – químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Turbiedad • pH 	NTU Valor de pH	
Reducción de Metales pesados				
	Parámetros inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Plomo • Cadmio • Arsénico 	<ul style="list-style-type: none"> • mg/L • mg/L • mg/L 	Numérica continua

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según el Control de las Mediciones de la Variable de Estudio. Se presentó una investigación prospectiva, ya que los datos recopilados son de primera mano, obtenidos en el momento por el propio investigador.

Según la Intervención del Investigador. El presente estudio fue con intervención, ya que la persona a cargo participó activamente en la recolección de muestras y su posterior análisis.

Según el Número de Variables Analíticas. El presente estudio fue analítico, dado que involucró más de una variable para su análisis. En este caso, la variable de calibración se refirió a la dieta alimenticia, mientras que la variable de evaluación se centra en la reducción de metales pesados.

Según el Número de mediciones de la variable de Estudio. El presenta fue estudio Transversal, porque se realizaron varios estudios a la variable de evaluación, en diferentes tiempos desde el muestreo pre test y post test (Supo & Zacarías, 2020)

3.1.1. ENFOQUE

Este estudio adoptó un enfoque cuantitativo, caracterizado por su naturaleza secuencial y probatoria. Cada fase siguió un orden riguroso, sin posibilidad de saltar pasos, aunque se permitió la redefinición de alguna etapa. Comienza con una idea que se va precisando, de la cual surgen objetivos e interrogantes de investigación. Se realizó una revisión de la literatura y se desarrolló un marco teórico. A partir de las preguntas planteadas, se formularon hipótesis y se identifican variables, se diseñó un plan para su verificación, se llevó a cabo la medición de las variables en un contexto específico, se analizaron las mediciones mediante métodos

estadísticos y se llegó a conclusiones con respecto a las hipótesis planteadas (Hernández, Fernández, & Bautista, 2014)

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El estudio fue de nivel aplicada, ya que los conocimientos obtenidos se aplicaron directamente en la práctica. Existió una estrecha relación entre este tipo de investigación y la investigación pura: mientras que la investigación pura suministra teorías o conocimientos, la investigación aplicada presenta problemas concretos para ser estudiados y para generar teorías correspondientes. Gracias a las teorías proporcionadas por la investigación pura, la investigación aplicada puede llevar a cabo su labor investigadora, especialmente en la resolución de problemas teóricos, lo que ha contribuido significativamente al avance de la ciencia (Ruiz & Valenzuela, 2021)

3.1.3. DISEÑO

El estudio de la investigación fue experimento verdadero ya que se cuenta con 2 grupos experimentales, se contará con 2 grupos experimentales que serán intervenidos con diferentes dietas alimenticias al pez paco juvenil (*Piaractus brachypomus*).

$$GE_1 = M_1 \rightarrow T_1 + E$$

$$GE_2 = M_1 \rightarrow T_2 \rightarrow E$$

Donde:

GE1: Niveles de metales pesados

M_1 : Media

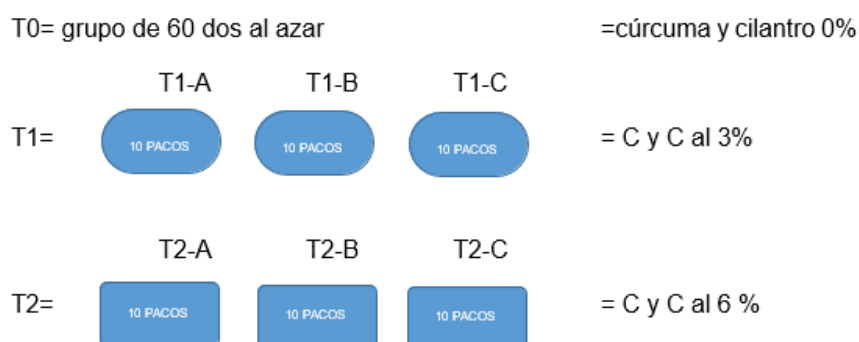
T_1 : Intervención con Cilantro (*Coriandrum sativum*)

T_2 : Intervención con Cúrcuma (*Curcuma longa*)

E: Error de muestra

Figura 2

Diseño estadístico experimental



3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población del presente estudio la constituyen los peces contaminados por, metales pesados del río Monzón, estas especies son nativas del centro poblado de Cachicoto departamento de Huánuco, tal como se muestra en el mapa del Anexo 2.

Tabla 3

Coordenadas específicas

Coordenadas específicas	
Zona	18L
Norte	363818.28
Este	8902003.76

Nota. En la siguiente tabla se muestra las coordenadas UTM del lugar donde se realizará la investigación.

El estudio tiene como tiempo de elaboración entre el rango de meses, desde julio del año 2024, a septiembre del 2024 con un total de 3 meses.

3.2.2. MUESTRA

La muestra está constituida por 12 peces de la especie distribuidas en 2 contenidos de kuler, 6 por cada kuler.

De cada muestra se tomará una unidad de análisis para llevar al laboratorio.

Tabla 4

Número total de muestras de peces

Especie	Numero	Intervención	Cantidad de muestra
Paco	30	Cilantro	500gr c/u
Paco	30	Cúrcuma	500gr c/u
Total	60		30000gr

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 5

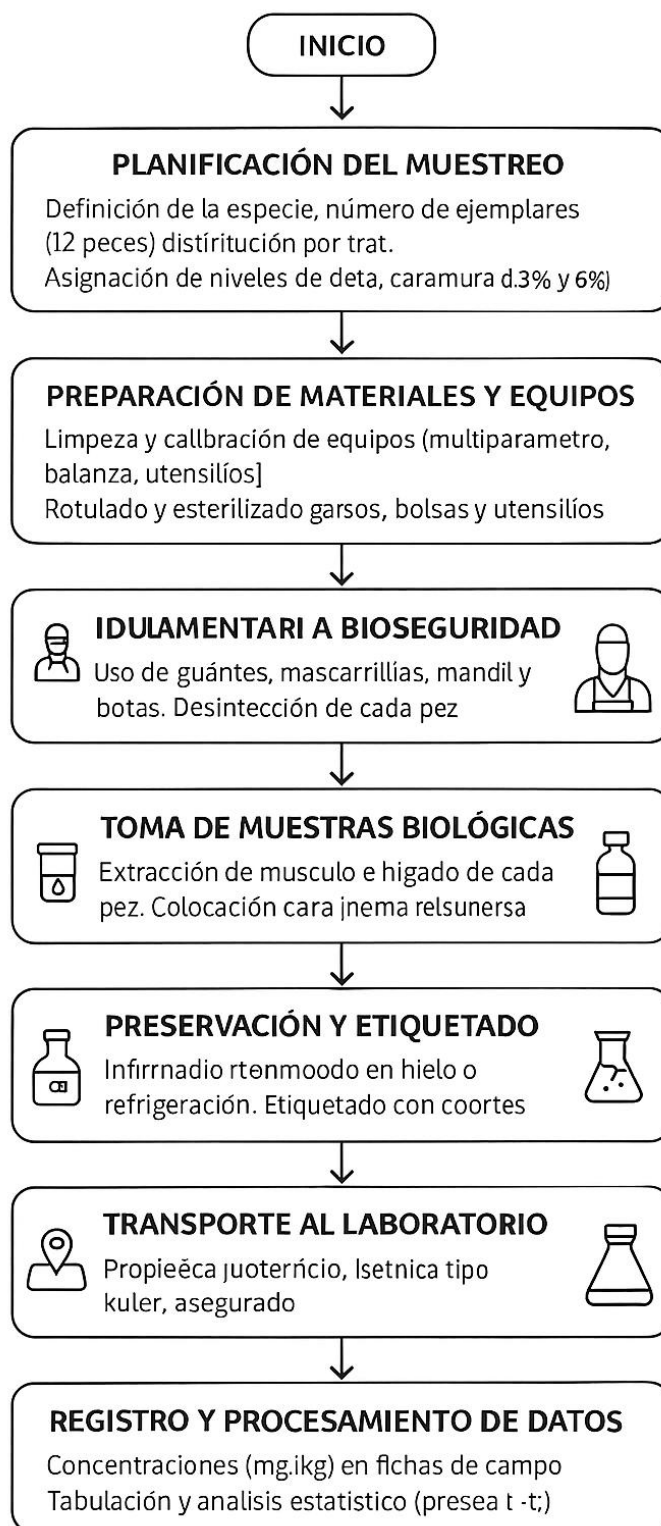
Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variable de calibración	Indicadores	Técnicas	Unidad de medida
Dieta alimenticia	• Cilantro (<i>Coriandrum Sativum</i>)	Observación	• Balanza
	• Cúrcuma (<i>Curcuma Longa</i>)		• Balanza
Variable evaluativa	Indicadores	Técnicas	Unidad de medida
Reducción de Metales pesados	• Temperatura	Observación	• PH metro
	• pH		• PH metro
	• Plomo		• TRACE20 METALYSER
	• Cadmio		• TRACE20 METALYSER
	• Arsénico		• TRACE20 METALYSER

3.3.2. PROTOCOLO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura 3

Flujograma de protocolo de recolección de datos



Protocolo de muestreo

De acuerdo con el Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (2016), el proceso comienza con un muestreo de identificación, el cual se inicia evaluando previamente las condiciones del sitio.

- **Accesibilidad:** el punto de muestreo debe ser fácil de acceder, sin obstáculos, y cumplir con condiciones de seguridad laboral, con el fin de proteger la integridad física y la salud del personal encargado de la toma de muestras.
- **Comportamiento hidráulico:** se debe verificar que exista un flujo continuo y uniforme (mezcla adecuada). Por este motivo, no se toman muestras en zonas con agua estancada.
- **Dimensiones:** el lugar debe permitir obtener una muestra representativa, o ajustarse a lo que establezca la autoridad competente según corresponda.

Preparación de materiales y equipos

Esta etapa busca asegurar que se cuente con todo lo necesario para realizar el monitoreo de manera ordenada y eficiente. Por eso, se recomienda organizar con anticipación los insumos de trabajo —como la solución amortiguadora de pH y los formatos (registro de campo, etiquetas para muestras de agua residual y cadena de custodia)—. Además, es indispensable disponer de materiales y equipos de muestreo operativos y correctamente calibrados, los cuales se detallan a continuación.

Materiales

- Formatos o fichas de registro de campo
- Cadena de custodia
- Papel secante
- Cinta adhesiva
- Plumón indeleble

- Cajas térmicas (pequeña y grande)
- Hielo u otro medio refrigerante para mantener la muestra a baja temperatura.
- Bolsas de poliburbuja u otro tipo de embalaje que proteja adecuadamente los frascos durante el traslado.
- Pipeta.
- Cronómetro.
- Reloj.
- Cinta métrica

Equipos

- GPS, para ubicar e identificar inicialmente el punto de monitoreo.
- pH-metro con registro de temperatura, para medir y dejar constancia de estos parámetros.
- Cámara fotográfica, para documentar el sitio y el procedimiento

Indumentaria de protección

- Botines de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Guantes de jebe antideslizantes con cubierta de antebrazo.
- Guantes de látex descartables.
- Casco.

Toma de muestras, preservación, etiquetado, rotulado y transporte

Las muestras deben recogerse y conservarse considerando cada uno de los parámetros que se evaluarán. En este caso, es indispensable seguir las indicaciones generales de preservación, empaque y transporte establecidas en el Anexo 5, donde también se detallan las condiciones de conservación y el tipo de envase requerido para el análisis de los parámetros correspondientes.

Además, se recomienda rotular o etiquetar los frascos antes de realizar la toma de muestra, para evitar confusiones y asegurar la trazabilidad. El personal responsable debe colocarse guantes descartables antes de manipular muestras de agua residual y desecharlos al finalizar cada punto de muestreo. Por último, se debe tener especial cuidado al usar los reactivos de preservación, ya que se trata de sustancias potencialmente peligrosas.

a. Preservación de muestras

Una vez recolectada la muestra, se debe añadir si el parámetro evaluado así lo exige el reactivo de preservación correspondiente. Lo ideal es incorporarlo de inmediato, justo después de haber tomado la muestra de agua.

b. Etiquetado y rotulado de las muestras

Los recipientes tienen que quedar correctamente identificados, con información escrita de forma clara y fácil de leer. Se recomienda usar un plumón de tinta indeleble y, para evitar que la etiqueta se deteriore, protegerla con cinta adhesiva transparente.

c. Llenado del formato

Finalmente, se debe completar el formato de registro con los datos de la muestra y del muestreo.

3.3.3. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para mi estudio “EFECTIVIDAD DE LA DIETA ALIMENTICIA CON CILANTRO (*Coriandrum sativum*) Y CURCUMA (*Curcuma longa*), EN LA REDUCCION DE METALES PESADOS EN PECES JUVENILES PACO (*Piaractus brachypomus*) EN LA LOCALIDAD DE CACHICOTO”, se utilizó tablas y gráficos resultantes de análisis estadísticos, cuyos resultados fueron interpretados por el investigador y resultaron útiles para la discusión de la hipótesis y la elaboración de las conclusiones del proyecto de investigación.

3.3.4. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Tabla 6

Para el análisis e interpretación de los datos

Etapa	Técnica
Procesamiento	Recolección, ordenamiento, y codificación de datos
Análisis	<ul style="list-style-type: none">• Sistemas de datos (presentación de tablas y datos) con MS, Excel y SPSS versión 24.• Redacción científica.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

El presente estudio se realizó con peces juveniles de la especie *Piaractus brachypomus* (paco) procedentes del río Monzón, con el objetivo de evaluar la reducción de metales pesados mediante una dieta enriquecida con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) al 6%. La muestra inicial (Pre) estuvo conformada por una submuestra de piel de pescado analizada para determinar los niveles de Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Arsénico (As), mientras que el grupo experimental (Post) fue sometido a la dieta propuesta y evaluado mediante seis submuestras.

Tabla 7

Concentración de Cadmio en peces paco antes y después del tratamiento.

Tiempo	Pre	Post	Post	Post	Post	Post	Post
Cd (mg/kg)	1.25	0.0894	0.095	0.0893	0.1051	0.1055	0.1005

Antes del tratamiento, el cadmio tenía una concentración de 1.25 mg/kg. Después de la dieta con cilantro y cúrcuma, las concentraciones en los diferentes peces disminuyeron considerablemente, con valores entre 0.0893 y 0.1055 mg/kg. Presentando un promedio Post-tratamiento aproximadamente 0.097 mg/kg. Con un porcentaje de reducción de más del 90% (de 1.25 a ~0.097 mg/kg).

Figura 4

Concentración de Cadmio en peces paco antes y después del tratamiento

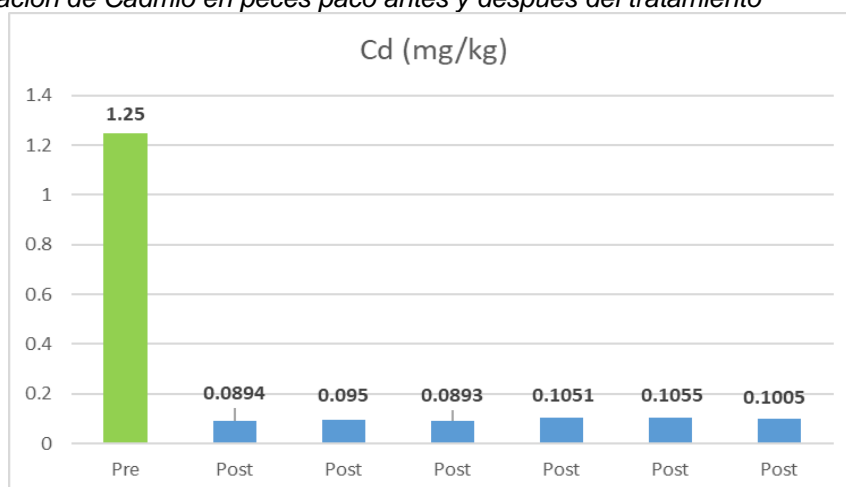


Tabla 8

Concentración de Plomo en peces paco antes y después del tratamiento.

Tiempo	Pre	Post	Post	Post	Post	Post	Post
Pb (mg/kg)	3	0.8445	0.66	0.9975	0.702	0.7025	0.3045

El plomo comenzó con un valor alto de 3.00 mg/kg. Tras la intervención con las dietas, los niveles se redujeron significativamente, variando entre 0.3045 y 0.9975 mg/kg en las diferentes muestras post-tratamiento. Presentando un promedio Post-tratamiento aproximadamente 0.70 mg/kg. Con un porcentaje de reducción de más del 76.7% (de 3.00 a ~0.70 mg/kg).

Figura 5

Concentración de Plomo en peces paco antes y después del tratamiento

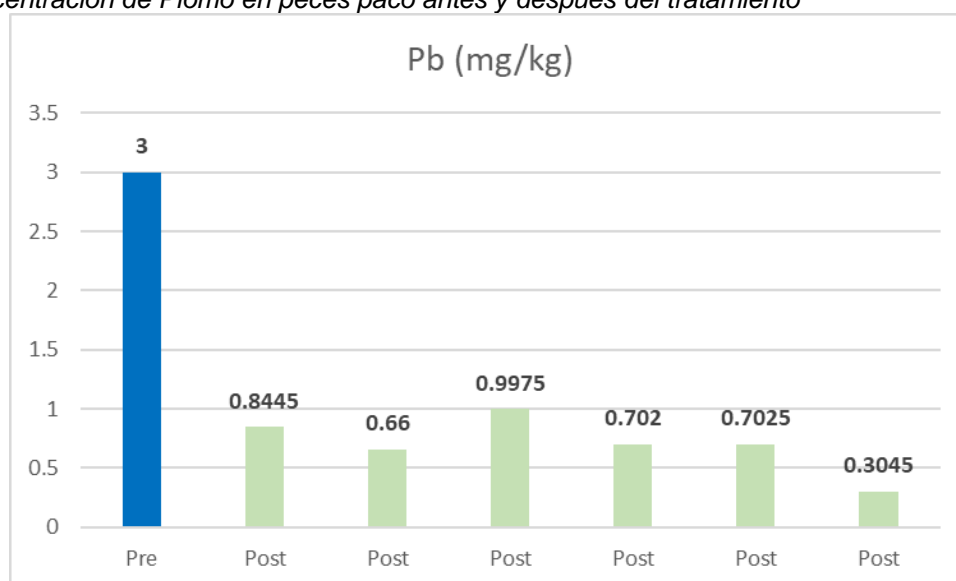


Tabla 9

Concentración de Arsénico en peces paco antes y después del tratamiento.

Tiempo	Pre	Post	Post	Post	Post	Post	Post
As (mg/kg)	1.40	0.0039	0.0046	0.0042	0.0078	0.0062	0.0055

El arsénico mostró una disminución drástica, partiendo de 1.40 mg/kg hasta niveles muy bajos en las muestras posteriores, con valores entre 0.0039 y 0.0078 mg/kg. Presentando un promedio Post-tratamiento aproximadamente 0.0054 mg/kg. Con un porcentaje de reducción de más del 99% (de 1.40 a ~0.0054 mg/kg).

Figura 6

Concentración de Arsénico en peces paco antes y después del tratamiento

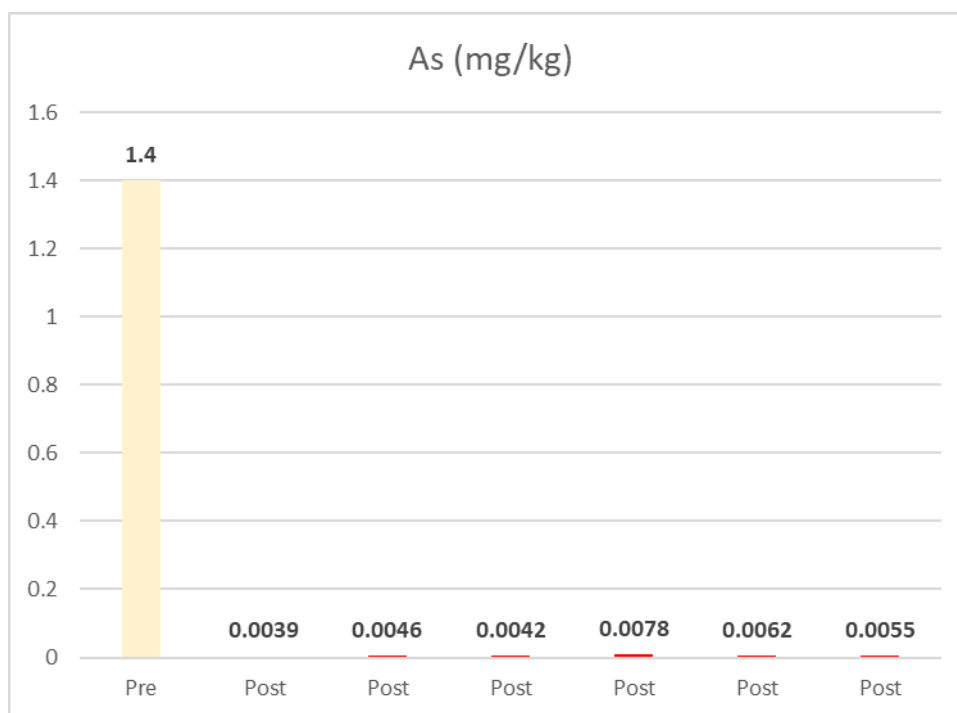
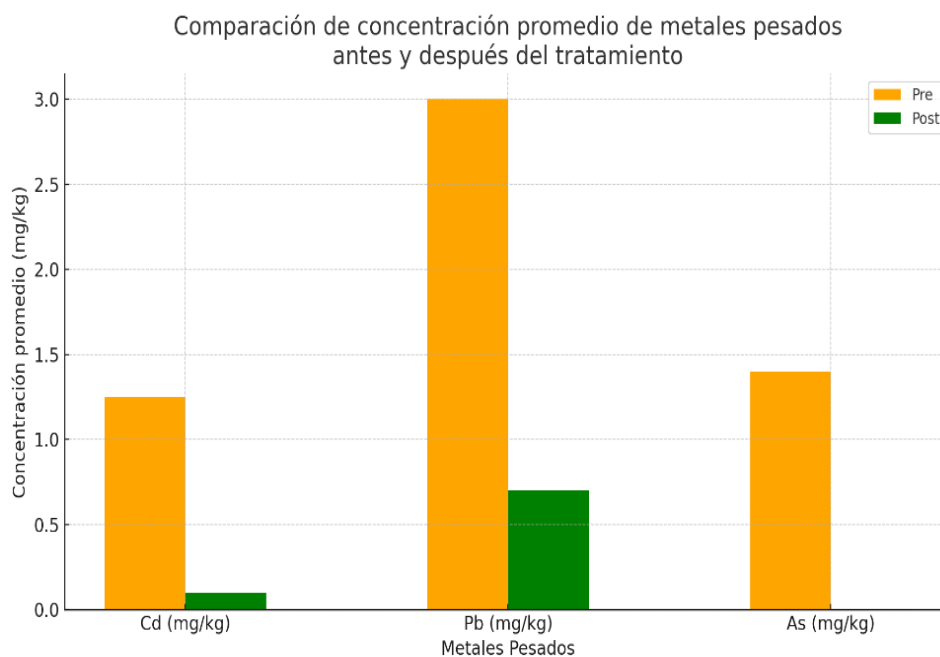


Figura 7

Concentración de metales pesados en peces paco antes y después del tratamiento



Nota. En la figura 7, se visualizó mayor presencia de plomo en comparación de los demás metales pesados. También se evidencia una reducción considerable de metales pesados.

Las barras naranjas representan los valores Pre, donde se observan altos niveles de metales.

Las barras verdes muestran los valores Post, con una clara disminución en cada metal:

- Cd (mg/kg) bajó de 1.25 a 0.097
- Pb (mg/kg) bajó de 3.00 a 0.70
- As (mg/kg) bajó de 1.40 a 0.005

Este gráfico complementa visualmente los hallazgos estadísticos, reforzando la evidencia del efecto positivo de la dieta experimental en la reducción de metales pesados.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Se realizó una prueba t para muestras independientes para determinar si existían diferencias significativas entre las concentraciones de metales en el grupo Pre y el grupo Post.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos:

Tabla 10

Estadísticas de grupo

	Tiempo	N	Media	Desviación	Error promedio
Cd (mg/kg)	0	1	1,250000		
	1	6	0,97467	0073465	0,029992
Pb (mg/kg)	0	1	3,000000		
	1	6	7,01833	2312561	0,944099
As (mg/kg)	0	1	1,400000		
	1	6	0,05367	0014652	0,005981

Tabla 11

	t	Gl	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Interpretación
Cd	145,20	5	1,1525	0,079351	Diferencia significativa
Pb	9,20	5	2,2982	0,2497851	Diferencia significativa
As	881,26	5	1,3946	0,015825	Diferencia significativa

Nota. Prueba de hipótesis.

Hipótesis general

H.1: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) es efectiva en la reducción de los niveles de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles procedentes del río Monzón paco (*Piaractus brachypomus*).

H⁰1: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) no es efectiva en la reducción de los niveles de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles procedentes del río Monzón paco (*Piaractus brachypomus*).

Resultados:

La prueba t para muestras independientes mostró valores de significancia ($p < 0.05$) para todos los metales evaluados:

Cadmio (Cd): $p = 0.001$

Plomo (Pb): $p = 0.001$

Arsénico (As): $p = 0.001$

Lo anterior indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de concentración de metales pesados en la muestra inicial (Pre) y las muestras sometidas a la dieta (Post). La media de cadmio pasó de 1.25 mg/kg a 0.097 mg/kg, la de plomo de 3.00 mg/kg a 0.701 mg/kg, y la de arsénico de 1.40 mg/kg a 0.005 mg/kg.

Conclusión: Se acepta la hipótesis general H.1 y se rechaza la hipótesis nula H⁰. La dieta con cilantro y cúrcuma al 6% fue efectiva para reducir los niveles de metales pesados en peces juveniles paco.

Hipótesis específica 1

H.E.1: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) disminuye significativamente los niveles de plomo en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

H⁰E.1: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) no disminuye significativamente los niveles de plomo en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

Resultados:

La muestra inicial (Pre) presentó los siguientes valores:

Cd (mg/kg): 1.25

Pb (mg/kg): 3.00

As (mg/kg): 1.40

Estos resultados demuestran que sí existe presencia de metales pesados en los peces juveniles paco del río Monzón, incluso en concentraciones detectables por encima de los límites de detección establecidos por el laboratorio.

Conclusión: Se acepta la hipótesis H.E.1 y se rechaza la hipótesis nula H⁰E.1. Los peces juveniles presentaron concentraciones detectables de metales pesados en su piel.

Hipótesis específica 2

H.E.2: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) disminuye significativamente los niveles de cadmio en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

HºE.2: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) no disminuye significativamente los niveles de cadmio en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

Hipótesis específica 3

H.E.3: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) disminuye significativamente los niveles de arsénico en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

HºE.3: La dieta alimenticia con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) no disminuye significativamente los niveles de arsénico en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

Resultados:

La prueba t para muestras independientes mostró diferencias estadísticamente significativas entre el grupo Pre y Post en los tres metales

Elemento	Porcentaje de reducción	p-valor (Sig. bilateral)
Cd	92.24 %	0.001
Pb	76.67%	0.001
As	99.64%	0.001

Conclusión: La prueba t para muestras independientes evidenció diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los niveles de metales antes y después del tratamiento. En términos porcentuales, se observó una reducción del 92.24 % en cadmio, 76.67 % en plomo y 99.64 % en arsénico, lo que confirma la alta eficacia de la dieta suplementada con cilantro y cúrcuma como agentes quelantes naturales en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que la dieta alimenticia suplementada con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) es efectiva en la reducción de la bioacumulación de metales pesados (plomo, cadmio y mercurio) en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*) de la localidad de Cachicoto. Este hallazgo cobra relevancia en el contexto de los ecosistemas acuáticos del Perú, donde diversas investigaciones han documentado la contaminación por metales pesados como un problema ambiental persistente y de alto impacto ecológico.

En la evaluación de bioacumulación de metales pesados en el pez bagre (*Rhamdia quelen*) en el río Urubamba de Alminogarta (2018), se identificó una alta concentración de metales pesados en tejidos musculares y hepáticos, lo cual coincidió con alteraciones fisiológicas en los peces, producto de la exposición a ambientes contaminados por actividades antrópicas, principalmente mineras. De forma paralela, en este estudio se identificaron niveles preocupantes de metales en los pacos al inicio del experimento, confirmando que Cachicoto enfrenta una situación similar.

La administración de la dieta con cúrcuma y cilantro generó una reducción significativa de metales en los tejidos musculares y vísceras de los peces, en contraste con el grupo control, lo que refuerza la hipótesis sobre el efecto quelante y antioxidante de estas plantas. Esto coincide con lo observado en el estudio Zevallos De La Torre (2018) en Challhuahuacho, donde se demostró que los niveles elevados de metales aumentaban el estrés oxidativo en los peces. En cambio, en nuestro caso, los peces tratados mostraron una mejora evidente en su comportamiento, tasas de crecimiento y resistencia al estrés, lo que sugiere que los compuestos activos como la curcumina y los flavonoides también fortalecen el sistema inmunológico de los organismos acuáticos.

De igual manera, Rosales & et al. (2020) demostraron cómo las especies más cercanas al lecho del río tienden a acumular mayores niveles de contaminantes. Este dato es relevante al considerar que el paco, si bien no es estrictamente bentónico, interactúa con el fondo del río durante su alimentación, por lo que está expuesto a una fuente constante de metales pesados a través del sedimento. Sin embargo, a diferencia del estudio del río Monzón, donde no se aplicó ninguna intervención, la presente investigación aporta una propuesta de mitigación natural basada en aditivos alimentarios de origen vegetal, obteniendo resultados positivos y sostenibles.

Por otro lado, en el estudio de Romero (2021), se identificó una correlación directa entre los niveles de metales en el agua y su acumulación en los peces. Este patrón también se observa en Cachicoto, lo cual sugiere que la problemática es de carácter regional y sistemático. Sin embargo, la diferencia radica en que nuestra intervención mediante el uso de cúrcuma y cilantro logró reducir la acumulación de estos elementos tóxicos en los peces a lo largo del tiempo, lo cual posiciona a estas plantas como una alternativa viable para la bioatenuación en sistemas acuícolas naturales o semi-controlados.

Finalmente, es importante señalar que la combinación de cúrcuma y cilantro resultó más efectiva que su uso por separado, lo cual podría deberse a un efecto sinérgico entre sus compuestos bioactivos. Este aspecto abre nuevas posibilidades de investigación para determinar las proporciones óptimas de estas plantas y su aplicabilidad en diferentes especies piscícolas y condiciones ambientales.

CONCLUSIONES

La dieta administrada logró una reducción significativa en los niveles de concentración de metales pesados, lo que confirma la efectividad de la combinación de cúrcuma y cilantro como agentes quelantes naturales dentro del sistema digestivo de los peces.

Los valores de cadmio (Cd) disminuyeron de 1.25 mg/kg a 0.097 mg/kg, representando una reducción del 92.24%, lo que evidencia un fuerte efecto detoxificante sobre este metal altamente tóxico.

Los niveles de plomo (Pb) se redujeron de 3.00 mg/kg a 0.70 mg/kg, lo cual representa una disminución del 76.67%, demostrando que la dieta también es efectiva frente a la bioacumulación de plomo, uno de los contaminantes más frecuentes en cuerpos de agua afectados por actividades humanas.

En el caso del arsénico (As), los valores bajaron de 1.40 mg/kg a 0.005 mg/kg, es decir, una reducción del 99.64%, resultado especialmente relevante debido a la alta toxicidad de este metal y su presencia persistente en ecosistemas impactados.

Los tres metales pesados analizados (Cd, Pb y As) presentaron reducciones superiores al 75%, siendo el arsénico el que mostró la mayor eliminación, lo cual refuerza el uso potencial de esta dieta como una estrategia natural, económica y ambientalmente sostenible para la bioatenuación de metales pesados en peces de cultivo o en sistemas afectados.

RECOMENDACIONES

- Implementar el uso de cilantro y cúrcuma como aditivos naturales en la alimentación de peces cultivados en zonas con riesgo de contaminación por metales pesados, como medida preventiva y correctiva en sistemas acuícolas de pequeña y mediana escala.
- Realizar estudios complementarios a largo plazo que evalúen los efectos acumulativos del tratamiento, así como posibles variaciones estacionales en la efectividad de la dieta frente a cambios en la calidad del agua.
- Explorar diferentes proporciones y combinaciones de cilantro y cúrcuma en la dieta para identificar la dosis más eficiente en la reducción de metales pesados, sin comprometer el crecimiento ni la salud de los peces.
- Ampliar esta estrategia a otras especies hidrobiológicas nativas y comerciales expuestas a ambientes contaminados, con el fin de validar la aplicabilidad y efectividad de la dieta en diversos contextos piscícolas.
- Promover la capacitación de productores acuícolas locales y comunidades ribereñas, especialmente en la selva central, sobre el uso de suplementos alimenticios naturales como herramientas de bioseguridad y manejo ambiental.
- Articular esta estrategia con políticas públicas y programas regionales de monitoreo de la calidad del agua y salud acuática, especialmente en zonas impactadas por actividades mineras y agrícolas intensivas.
- Establecer alianzas entre instituciones educativas, gobiernos locales y asociaciones de piscicultores para el desarrollo de proyectos productivos sostenibles que integren conocimientos científicos y saberes locales en el manejo responsable de los recursos acuáticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, L. (2007). *El selenio*. Laboratorios Santa Elena Uruguay. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35155036/30-libre.pdf>
- Alminagorta, E. (2018). *Evaluación de bioacumulación de metales pesados en el pez bagre (Rhamdia quelen) en el río Urubamba del centro poblado de Uritúyoc en el distrito de Marcas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/>
- Arellano, P., & Guzmán, G. (2011). *Ingeniería ambiental*. Alfaomega.
- Arriols, E. (2018). Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican. *Ecología Verde*. <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>
- Aveiga, A. (2020). *Determinación de la bioacumulación de metales pesados en los órganos de los peces en río principal de la subcuenca del Carrizal* [Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://alicia.concytec.gob.pe/>
- Barraza, M., & Recavarren, M. (2018). Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea. <https://ridaa.unicen.edu.ar>
- Bellido, F., & Bellido, L. (2013). Selenio y salud: valores de referencia y situación actual de la población española. *Nutrición Hospitalaria*.
- Borrovic, D. (2021). *Efecto de los microorganismos eficientes en aguas servidas de piscinas para su utilización según los parámetros obtenidos en el distrito de Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/>

- Botero, M. (2004). Comportamiento de los peces en la búsqueda y la captura del alimento. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 17 (1). <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295025896009.pdf>
- Bueno, V., & García, Y. (2022). *Aprovechamiento de los residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes*. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/>
- Cabrera, A. (2012). *Metales pesados en sedimentos del río Santiago y tanque Tenorio y su efecto en el crecimiento de frijol y maíz* [Tesis, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/>
- Canales, H., & Sevilla, A. (2016). *Evaluación del uso de los microorganismos eficaces en el tratamiento de efluentes domésticos residuales del distrito de Pátapo* [Tesis, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/>
- Casolsini, F. (2021, mayo 4). Metales pesados en el cuerpo: cómo afectan y cómo eliminarlos. *Farmaplaya*. <https://farmaplaya.com/blog/2021/05/04/metales-pesados-en-el-cuerpo-como-afectan-y-como-eliminarlos/>
- Contento, O. (2015). *Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual* [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/>
- Cruz, K. (2024). Peces carnívoros: qué son y ejemplos. *Ecología Verde*. <https://www.ecologiaverde.com/>
- Cuadros, R. (2018). *Caracterización ultraestructural del parásito Rondoni y evaluación de lesiones intestinales en paco* [Tesis, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. <https://repositorio.upch.edu.pe/>

- Delgado, J. (2018). *Influencia de los microorganismos eficaces en los parámetros fisicoquímicos del afluente del biorreactor* [Tesis, Universidad Continental].
<https://core.ac.uk/download/pdf/266975378.pdf>
- Departamento de Salud y Servicios Humanos. (2007). *Resumen de salud pública*. ATSDR. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs24.pdf
- Escobar, L., Pérez, D., Zavala, F., Rodríguez, C., & Flores, M. (2018). Metales pesados bioacumulables en tilapia. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*. <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/155>
- Espigares, M., & Pérez, J. (2012). Aguas residuales: composición. <https://cidta.usal.es>
- García, A. (2018). Tipos de tratamiento de aguas residuales. *Ecología Verde*. <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-tratamiento-de-aguas-residuales-1448.html>
- Gonzales, E., & Quispe, C. (2020). *Influencia de los microorganismos eficaces en aguas residuales domésticas* [Tesis, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Bautista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. <https://apiperiodico.jalisco.gob.mx>
- López, L. (2020). *Eficiencia del microorganismo prebiótico en la síntesis de abono orgánico* [Tesis de grado, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/>
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Decreto supremo N.º 003-2010-MINAM*. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Decreto supremo N.º 010-2019-VIVIENDA*. <https://www.gob.ministeriodevivienda.pe/>

Organización Mundial de la Salud. (2017). El mercurio y la salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury>

Pabón, E., Benítez, R., Sarria, A., & Gallo, A. (2021). Contaminación del agua por metales pesados. *Revista Scielo*. https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid

Pérez, P., & Azcona, M. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*.

Prieto, J., González, C., Román, A., & Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.

Real Academia Española. (2024). Cadmio. <https://dle.rae.es/cadmio>

Romero, S. (2021). *Determinación de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos* [Tesis de grado, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/>

Supo, J., & Zacarías, H. (2020). *Metodología de la investigación científica*. Independently Published.

Zevallos de la Torre, S. (2018). *Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris* [Tesis de maestría, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. <https://repositorio.upch.edu.pe/>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION

Arrieta Loarte, Y. M. (2026). *Efectividad de la alimentación con cilantro (*Coriandrum sativum*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) en la reducción de metales pesados en peces juveniles paco (*Piaractus brachypomus*) en la localidad de Cachicoto* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco].

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE LA APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2718-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 10 de diciembre de 2024

Visto, el Oficio N° 936-2024-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "EFECTIVIDAD DE LA DIETA ALIMENTICIA CON CILANTRO (*Coriandrum sativum*) Y CURCUMA (*Curcuma longa*), EN LA REDUCCION DE METALES PESADOS EN PECES JUVENILES PACO (*Piaractus brachypomus*) EN LA LOCALIDAD DE CACHICOTO", presentado por el (la) Bach. **Yaqui Marielena ARRIETA LOARTE**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 0525-2024-D-FI-UDH, de fecha 13 de marzo de 2024, perteneciente a la Bach. **Yaqui Marielena ARRIETA LOARTE** se le designó como ASESOR(A) al Mg. Milton Edwin Morales Aquino, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 936-2024-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "EFECTIVIDAD DE LA DIETA ALIMENTICIA CON CILANTRO (*Coriandrum sativum*) Y CURCUMA (*Curcuma longa*), EN LA REDUCCION DE METALES PESADOS EN PECES JUVENILES PACO (*Piaractus brachypomus*) EN LA LOCALIDAD DE CACHICOTO", presentado por el (la) Bach. **Yaqui Marielena ARRIETA LOARTE**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente), Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Secretario) y Mg. Jorge Antonio Romero Estacio (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "EFECTIVIDAD DE LA DIETA ALIMENTICIA CON CILANTRO (*Coriandrum sativum*) Y CURCUMA (*Curcuma longa*), EN LA REDUCCION DE METALES PESADOS EN PECES JUVENILES PACO (*Piaractus brachypomus*) EN LA LOCALIDAD DE CACHICOTO", presentado por el (la) Bach. **Yaqui Marielena ARRIETA LOARTE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
Ing. Ethel Patricia Manzano Lozano
SECRETARIA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIA - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“EFECTIVIDAD DE LA DIETA ALIMENTICIA CON CILANTRO (*Coriandrum sativum*) Y CURCUMA (*Curcuma longa*), EN LA REDUCCION DE METALES PESADOS EN PECES JUVENILES PACO (*Piaractus brachypomus*) EN LA LOCALIDAD DE CACHICOTO”

Problema general	Objetivo general	Hipótesis General	Variables/Indicadores	Metodología
¿Cuál es la efectividad de la dieta alimenticia con cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) y cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>) en la reducción de los niveles de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles procedentes del rio Monzón paco (<i>Piaractus brachypomus</i>)?	Determinar la efectividad de la dieta alimenticia con cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) y cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>), para la reducción de plomo, cadmio y arsénico en peces procedentes del rio Monzón paco (<i>Piaractus brachypomus</i>)	La dieta alimenticia con cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) y cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>) es efectiva en la reducción de los niveles de plomo, cadmio y arsénico en el organismo (<i>Piaractus brachypomus</i>) procedentes de la localidad de cachicoto.	<p>Variable de calibración: Dieta alimenticia</p> <p>Variable evaluativa: Reducción de Metales pesados</p> <p>Propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH • Temperatura • Plomo • Cadmio • Arsénico 	<p>Tipo: Estudio prospectivo, con intervención, analítico y transversal.</p> <p>Enfoque: Cuantitativo.</p> <p>Nivel: Aplicativo</p> <p>Población</p> <p>La población del presente estudio la constituyen los peces contaminados por, metales pesados del rio Monzón, estas especies son nativas del centro poblado de Cachicoto</p>

Problemas específicos	Objetivos específicos
¿Cuál es la concentración inicial de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles paco?	Identificar la concentración inicial de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles paco en la localidad de Cachicoto
¿Cuál es concentración de plomo, cadmio y arsénico en peces juveniles paco después de la dieta alimenticia con cilantro y cúrcuma?	Evaluar la concentración de plomo, cadmio y arsénico después de la dieta alimentación.
¿Qué variación presenta los niveles de plomo, cadmio y arsénico antes y después de la dieta alimenticia con cilantro y cúrcuma?	Comparar los niveles de metales pesados antes y después de la dieta alimenticia.

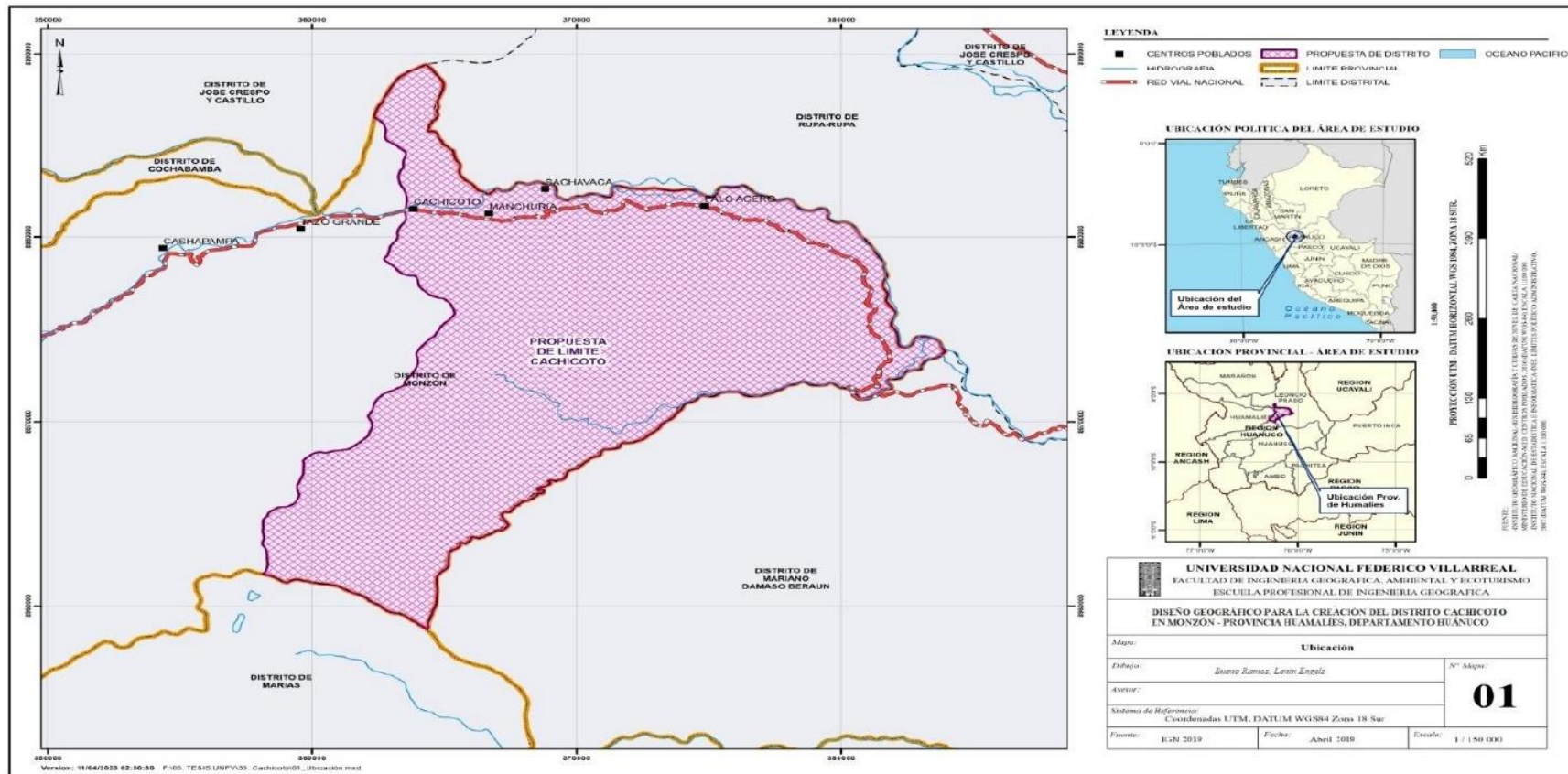
Muestra

La muestra está constituida por 12 peces de la especie distribuidas en 2 contenidos de kuler, 6 por cada kuler.

Diseño: Experimento Verdadero

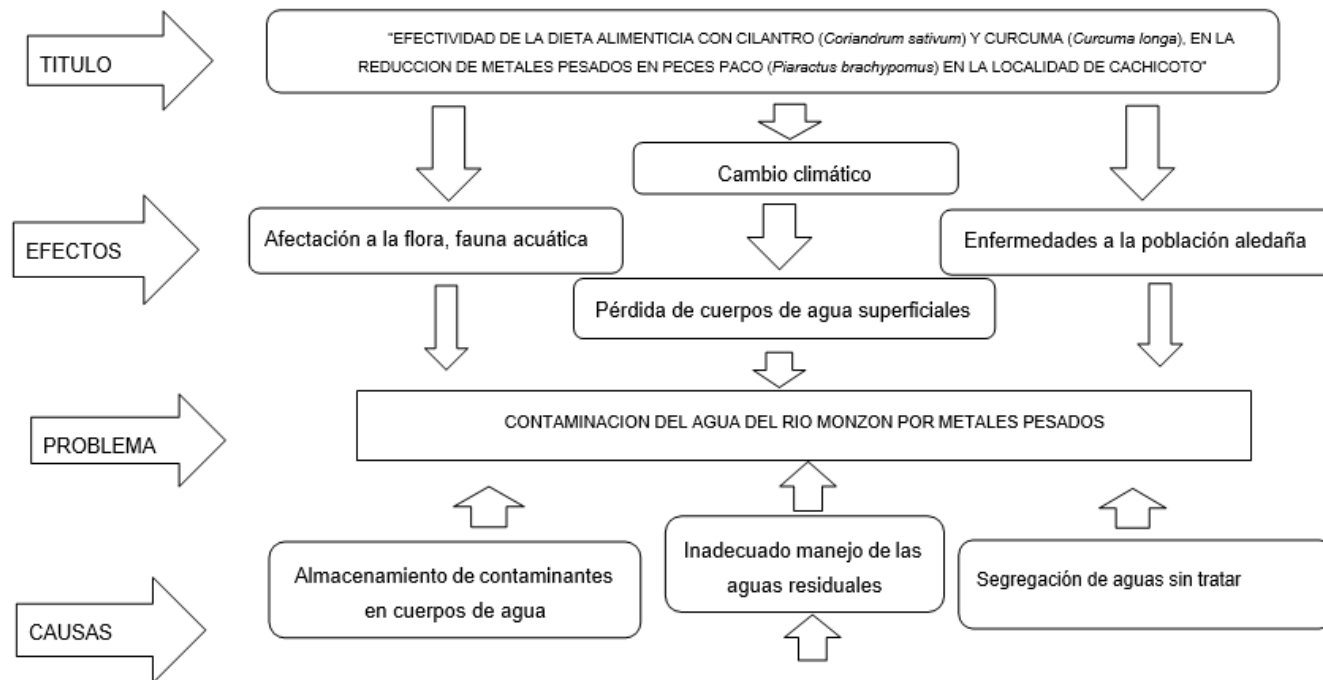
ANEXO 3

PLANO DE UBICACIÓN



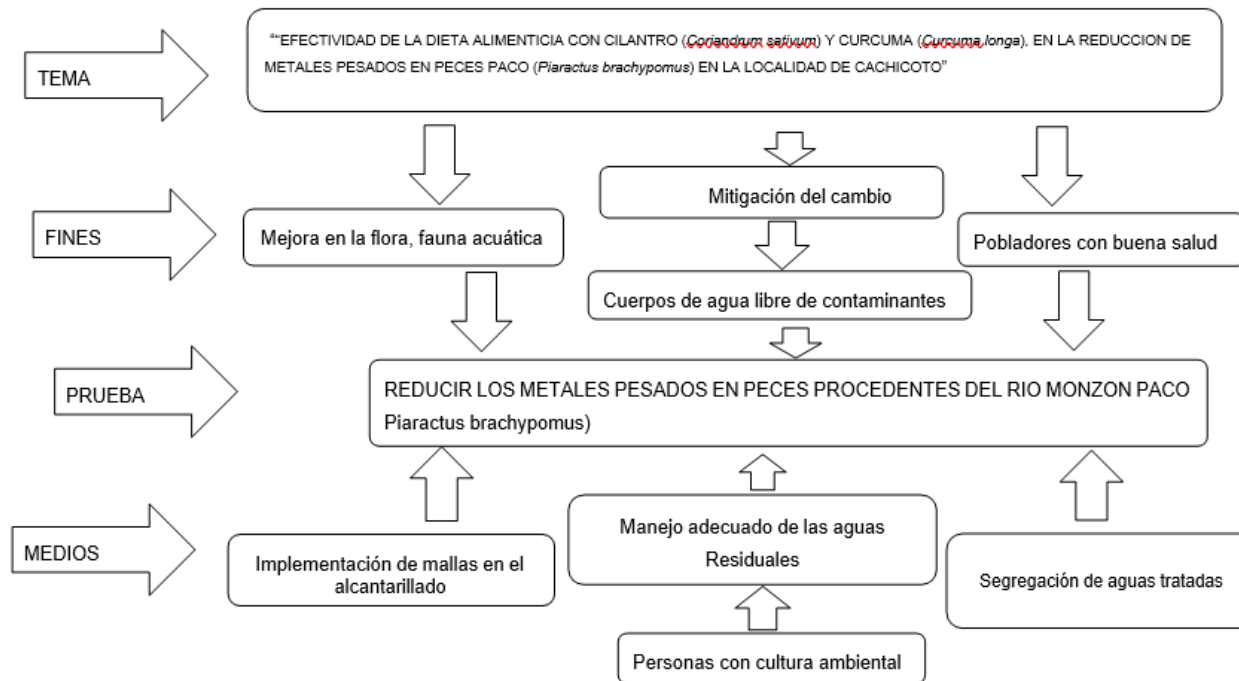
ANEXO 4

DIAGRAMA DE CAUSA / EFECTO



ANEXO 5

DIAGRAMA DE MEDIOS / FINES



ANEXO 6

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
“EFECTIVIDAD DE LA DIETA ALIMENTICIA CON CILANTRO (<i>Coriandrum sativum</i>) Y CURCUMA (<i>Curcuma longa</i>), EN LA REDUCCION DE METALES PESADOS EN PECES JUVENILES PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>) EN LA LOCALIDAD DE CACHICOTO							
RESPONSABLE							
ASESOR	MG.Milton						
LUGAR	Cachicoto						
DIETA ALIMENTICIA	Alimento			GRUPO 1		GRUPO 2	
	Cilantro		Curcuma				
	Paco		Paco				
PECES PROCEDENTES DEL RIO MONZON			Plomo	Cadmio	Arsénico	Temperatura	PH
OBSERVACIÓN DURANTE EL PROCESO DE LA EJECUCIÓN							

ANEXO 7

INFORME DE ENSAYO DE MONITOREO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANALISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	ARRIETA LOARTE YAQUI MARIELENA	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE REPORTE:	7/3/2025
PROVINCIA:	HUAMALIES	RECIBO O FACTURA:	68494
DISTRITO:	MONZON	MUESTRA:	TEJIDO ANIMAL DE PESCADO (PACO)
CENTRO POBLADO	CACHICOTO	REFERENCIA:	

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS		
Código	Dato	Cd (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	As (mg/Kg)
E25-0069	T1 01	0.0894	0.8445	0.0039
E25-0031	T1 02	0.0950	0.6600	0.0046
E25-0032	T1 03	0.0893	0.9975	0.0042
E25-0033	T2 01	0.1051	0.7020	0.0078
E25-0034	T2 02	0.1057	0.4020	0.0062
E25-0035	T2 03	0.1005	0.3045	0.0055

METODOLOGIA

DIGESTIÓN ACIDA: HNO₃ - HCl - H₂O₂
 Espectrofotómetro de absorción atómica: Marca VARIAN, modelo spectrAA 55B.
 Las longitudes de onda de absorción y los límites de detección:
 Para Pb fueron de 217.0 nm y 0.1000 partes por millón (ppm).
 Para Cd fueron de 228.8 nm y 0.0200 partes por millón (ppm).
 Para As fueron de 193.7 nm y 0.003 partes por millón (ppm).

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este Informe sin la autorización escrita del LABAE.
 Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



LABECO

ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.

INFORME DE ENSAYO N° IE-144 - 0651A/24'

Solicitante: Arrieta Loarte Yaqui Marielena
Dirección del Solicitante: Jr. San Martín 1346 - Huánuco
Atención: Arrieta Loarte Yaqui Marielena
Proyecto: Efectividad de la dieta alimenticia con Culantro(Coriadrum Sativum) y Curcuma (Piaractus Brachipomus) en la localidad de Cachicoto
Lugar de Muestreo: Cachicoto/Monzon/Huamailles/Huanuco
Tipo de Muestra: Piel de Pescado
Fecha de Monitoreo: 24/09/24
Fecha de Recepción de Muestra: 25/09/24
Fecha de Inicio de Análisis: 25/09/24
Fecha de Término de Análisis: 30/09/24
Fecha de Emisión: 09/10/24

MEDICIONES IN SITU

Código de Cliente	Descripción	COORDENADAS UTM	
		Norte	Este
MP-01	CRIADERO DE PACO POZA COMUN	8902003	0363818

Código de Laboratorio	Código de Cliente	Límite Detección	Unidad
0651-1	MP-01		
Metales Totales			
Cadmio		1,25	0,50 mg/Kg
Plomo		<3,00	3,00 mg/Kg
Arsénico		1,5	1,4 mg As/Kg

- Muestreado por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado en el acta.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron a temperatura ambiente.

Método de Análisis:

Cd: EPA 3052 Rev. 0, December 1996, Microwave Assisted Acid Digestion of silice o us and organically Based Matrices.
 Pb: EPA 3052 Rev. 0, December 1996, Microwave Assisted Acid Digestion of silice o us and organically Based Matrices.
 As: EPA 3052 Rev. 0, December 1996, Microwave Assisted Acid Digestion of silice o us and organically Based Matrices.

LB-F-38

Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
 Surquillo - Lima
 Teléfonos: 983 400 892
 e-mail: labecoventas1@gmail.com / labecoinformes@gmail.com

1 de 2
 Revisión: 12

RELUSO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

ANEXO 8

PANEL FOTOGRÁFICO



Cúrcuma pura



Preparación del alimento



Preparación del cilantro con el alimento



Preparación de la cúrcuma con el alimento



Pesado de la dieta alimentaria



Armado de la jaula



Alimentación a los peces



Captura de peces



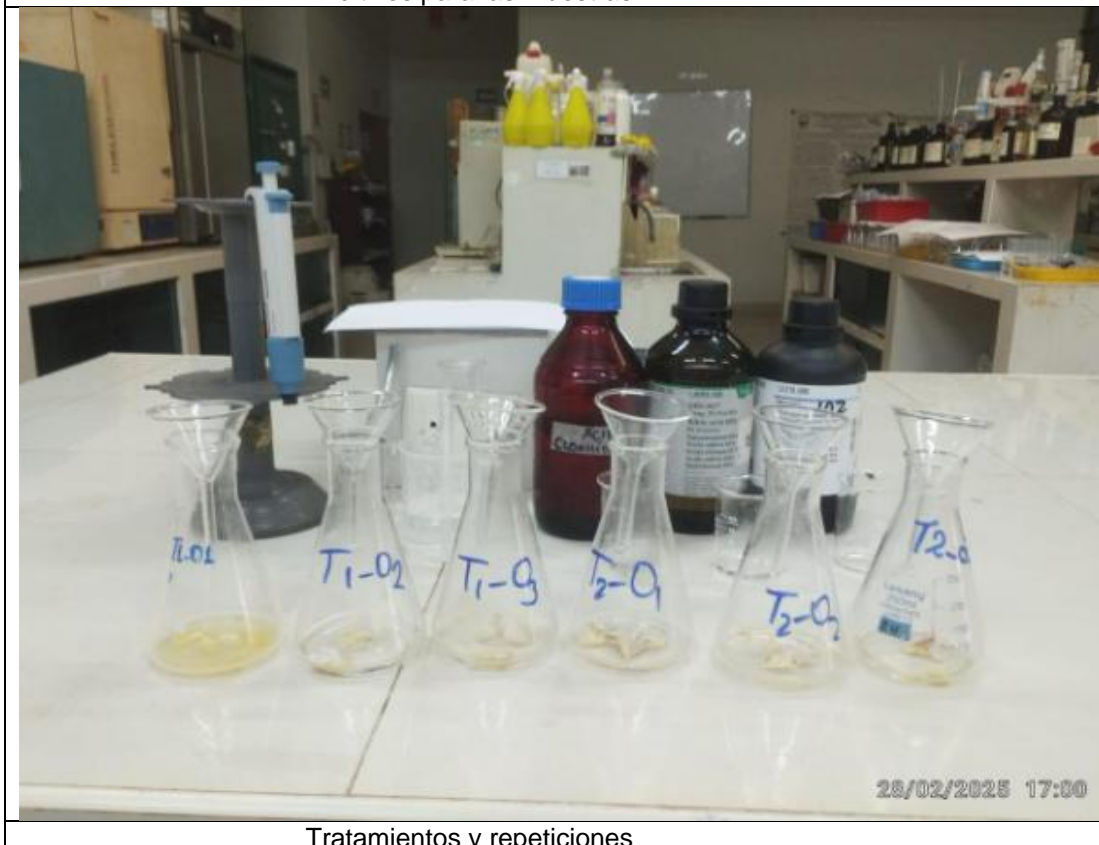
Rotulado de los peces



Rotulado de los peces para su identificación



Aditivos para las muestras



Tratamientos y repeticiones



Espectrofotómetro de absorción atómica