



## FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

**PROVEIDO 000823-2026-UNH/FCI**

EXPEDIENTE : **EPZ00020260000183**

ASUNTO: SOLICITO APROBACIÓN E INSCRIPCIÓN DE PROYECTO DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE ASESOR VÍA ACTO RESOLUTIVO DE MAURO GUTIERREZ BENIQUE Y JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN

REFERENCIA : OFICIO Nº 000336-2026-EPZ

SOLICITO APROBACIÓN E INSCRIPCIÓN DE PROYECTO DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE ASESOR VÍA ACTO RESOLUTIVO DE MAURO GUTIERREZ BENIQUE Y JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN

FECHA

**12/05/2026**

**Atender en 0 días**

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
UNIDAD FUNCIONAL DE SECRETARIA DOCENTE - FCI SÁEZ HUAMÁN WILFREDO	ATENDER	NORMAL	

**MERINO CARHUAPOMA ALCIDIADES  
DECANO(A)**



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAVELICA

ESCUELA PROFESIONAL DE  
ZOOTECNIA



Firmado digitalmente por MAYHUA  
MENDOZA Paul Herber FAU  
20168014962 soft  
Cargo: Director(A) De Escuela  
Profesional  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 12.05.2026 11:58:14 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 12 de Mayo del 2026

OFICIO N° 000336-2026-UNH/EPZ

Señor:

**ALCIDADES MERINO CARHUAPOMA**  
DECANO

Presente. –

**Asunto: SOLICITO APROBACIÓN E INSCRIPCIÓN DE PROYECTO DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE ASESOR VÍA ACTO RESOLUTIVO DE MAURO GUTIERREZ BENIQUE Y JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN, SUBSANADA LA OBSERVACIÓN.**

Referencia: INFORME 000008-2026-UNH/DAZ-MJE (11MAY2026)

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente a nombre de la Escuela Profesional de Zootecnia y el mío propio, a la vez, tengo a bien de solicitar aprobación e inscripción de proyecto de tesis y designación de asesor vía acto resolutorio, subsanada la observación de acuerdo al siguiente detalle:

**TESISTAS:**

MAURO GUTIERREZ BENIQUE  
JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN

**ASESOR:**

Mg. MELANIO JURADO ESCOBAR

**PROYECTO DE TESIS:**

“Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la laguna Orccochoa y su comparación con la Normativa Peruana y Codex Alimentarius”.

Atentamente,

*Documento Firmado Digitalmente*

**M.Sc. PAUL HERBER MAYHUA MENDOZA**  
DIRECTOR DE ESCUELA PROFESIONAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

PMM/jlc  
cc.:

N° Expediente: EPZ00020260000183



“Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM”. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través. Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do> Código de Verificación: UX5KYZR





UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCVELICADEPARTAMENTO ACADEMICO DE  
ZOOTECNIAFirmado digitalmente por JURADO  
ESCOBAR Melanio FAU  
20168014962 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 11.05.2026 17:50:16 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 11 de Mayo del 2026

**INFORME N° 000008-2026-UNH/DAZ-MJE**

**A:** PAUL HERBER MAYHUA MENDOZA  
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

**ASUNTO:** REMITO APROBACIÓN DE PROYECTO TESIS DE MAURO GUTIERREZ  
BENIQUE Y JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN, CON EL  
LEVANTAMIENTO DE LA OBSERVACION..

Referencia: PROVEIDO 000263-2026-UNH/EPZ (28ABR2026)

Fecha elaboración: Huancavelica, 05 de Mayo de 2026

Tengo el agrado de dirigirme a usted,

Al respecto, informo lo siguiente:

**I. ANTECEDENTES**

En base al documento de referencia se me designo como asesor de tesis del proyecto: **Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la laguna Orccocho y su comparación con la Normativa Peruana y Codex Alimentarius**, para su revisión y aprobación.

**II. ANÁLISIS**

Prevía revisión del proyecto de la tesis presentado por los tesisistas: **Mauro, GUTIERREZ BENIQUE y Jhonatan, ACEVEDO HUAMAN**, se aprueba el proyecto en cumplimiento de lo mencionado en el reglamento a través de la fecha de evaluación (Anexo 1).

**III. CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES**

Se aprueba el proyecto de tesis.

Sin otro particular es propicia la ocasión para hacerle llegar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

*Documento Firmado Digitalmente*

**MELANIO JURADO ESCOBAR**  
ASESOR

N° Expediente: EPZ00020260000183



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través. Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do> Código de Verificación: 2VSALOL





UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAVELICA

DEPARTAMENTO ACADEMICO DE  
ZOOTECNIA

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

MJE  
cc.:



N° Expediente: EPZ00020260000183



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM".  
Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.  
Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do>  
Código de Verificación: 2VSALOL



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAMELICADEPARTAMENTO ACADEMICO DE  
ZOOTECNIAFirmado digitalmente por JURADO  
ESCOBAR Melanio FAU  
20168014962 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 13.04.2026 18:05:11 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 13 de Abril del 2026

**INFORME N° 000004-2026-UNH/DAZ-MJE**

**A:** PAUL HERBER MAYHUA MENDOZA  
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

**ASUNTO:** APROBACIÓN DE PROYECTO TESIS DE MAURO GUTIERREZ BENIQUE Y  
JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN.

Referencia: MEMORANDO 000065-2026-UNH/EPZ (8ABR2026)

Fecha elaboración: Huancavelica, 13 de Abril de 2026

Tengo el agrado de dirigirme a usted,

Al respecto, informo lo siguiente:

**I. ANTECEDENTES**

En base al documento de referencia se me designo como asesor de tesis del proyecto:  
**Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la laguna Orcococha y su comparación con la Normativa Peruana y Codex Alimentarius**, para su revisión y aprobación.

**II. ANÁLISIS**

Previo revisión del proyecto de tesis presentado por los tesisistas: **Mauro, GUTIERREZ BENIQUE** y **Jhonatan Antoni, ACEVEDO HUAMAN**, se aprueba el proyecto en cumplimiento de lo mencionado en el reglamento a través de la ficha de evaluación (**Anexo 1**).

**III. CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES**

Se aprueba el proyecto de tesis.

Sin otro particular es propicia la ocasión para hacerle llegar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

*Documento Firmado Digitalmente*

**MELANIO JURADO ESCOBAR**  
DOCENTE NOMBRADO  
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE ZOOTECNIA

MJE  
cc.:

N° Expediente: EPZ00020260000183



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM".  
Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.  
Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do>  
Código de Verificación: HYMWUWO





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA**

(Creada por ley N° 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**FICHA DE EVALUACIÓN DE PROYECTO DE TESIS/TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO ACADÉMICO**

Título del proyecto	Metales pesados en truchas arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) en la laguna, Orcococha y su comparación con la normativa peruana, Codex Alimentarius
Investigador	Bach: Mauro, GUTIERREZ BENIQUE Bach: Jhonatan Antoni, ACEVEDO HUAMAN
Asesor(a)	Mg. Melanio, JURADO ESCOBAR

INCOMPLETO (1)	BUENO (2)	MUY BUENO (3)
----------------	-----------	---------------

TITULO		ESCALA		
		1	2	3
1	El título presenta: claridad, precisión y coherencia (mínimo 15 y máximo 20 palabras)			X
2	Delimitación adecuada			X
<b>CAPÍTULO I. EL PROBLEMA</b>				
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>				
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
3	Delimita y contextualiza el problema.			X
4	La redacción del planteamiento del problema es coherente.			X
5	Argumentación con referencias bibliográficas.		X	
<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>				
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
6	La formulación del problema está redactada con claridad y precisión.			X
7	El problema presenta variable(s) y tiene relación con el título.			X
8	Los problemas específicos se relacionan con el problema general.			X
<b>OBJETIVOS</b>				
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
9	El objetivo general evidencia el propósito del estudio			X
10	Los objetivos específicos se derivan del objetivo general y son factibles de alcanzar.			X
11	Los objetivos responden al problema de investigación.			X
<b>JUSTIFICACIÓN</b>				
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
12	Se exponen las razones ¿por qué?, ¿para qué? y la viabilidad del estudio.			X
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>				
<b>ANTECEDENTES</b>				
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
13	Presenta los antecedentes y los integra en relación con el problema de investigación.			X



14	En los antecedentes se mencionan el problema, objetivo(s), metodología, población, resultados y conclusiones.				X	
<b>BASES TEÓRICAS</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
15	La organización de las bases teóricas es coherente y corresponde a las variables de estudio.				X	
16	Las bases teóricas fundamentan las variables de estudio.				X	
<b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
17	Define los conceptos más relevantes del estudio.			X		
18	Utiliza 10 conceptos como mínimo con fuentes en orden alfabético.				X	
<b>HIPÓTESIS</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
19	La hipótesis se enuncia de manera clara y precisa.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente			X	
20	Si no plantea hipótesis las investigaciones tecnológicas obtienen la ponderación máxima					X
21	La hipótesis responde al problema de investigación.					X
<b>VARIABLES</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
22	Identifica(n) con precisión la(s) variable(s) de estudio				X	
<b>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
23	La operacionalización presenta definición conceptual y operacional de la(s) variable(s) o también presenta dimensiones (si es pertinente), indicadores, ítems o instrumentos.				X	
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
24	Identifica el ámbito de estudio.				X	
25	Selecciona y fundamenta el tipo y nivel de investigación.				X	
26	Existe correspondencia entre nivel y diseño de investigación.				X	
27	Señala la población y muestra de estudio.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente			X	
28	Selecciona y fundamenta el tipo de muestreo a utilizar.				X	
29	Selecciona y fundamenta las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio.			X		
30	Precisa los procedimientos para la recolección de datos.				X	
31	Especifica y fundamenta la(s) técnica(s) y procedimientos estadísticos(s) para el análisis de datos.				X	
<b>CAPÍTULO IV: ASPECTO ADMINISTRATIVO</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
32	Se señala el recurso humano y los recursos materiales y equipos				X	
33	El presupuesto, financiamiento y cronograma de actividades son coherentes.				X	
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
34	Las citas y referencias se corresponden con el estilo de redacción.				X	
35	Todas las citas están referenciadas y validadas.				X	
<b>ANEXOS</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
36	La matriz de consistencia expresa la relación del problema, objetivos, hipótesis, variables y metodología de estudios.				X	



		05	31
--	--	----	----

	Reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica	Código:	RE-VRAC-PO01-1-1
		Versión:	1
		Página:	Página 3 de 3

CONTEO TOTAL DE MARCAS					
(realice el conteo de marcas en cada una de las tres categorías de la escala y anote)			A	B	C
				05	31

$$Puntaje Total = 1(0) + 2(5) + 3(31) = 104$$

Para el resultado final, ubicar el puntaje obtenido en la siguiente tabla:

RESULTADO	INTERVALO
Desaprobado <input type="text"/>	[1 – 36]
Replantear <input type="text"/>	(36 – 72]
Aprobado <input checked="" type="text" value="x"/>	(72 – 108]

Nombre del asesor: Mg. Melanio, JURADO ESCOBAR

Huancavelica, 04 de mayo de 2026



Firmado digitalmente por JURADO ESCOBAR Melanio FAU  
20168014962 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 04.05.2026 14:58:43 -05:00

Asesor

Nota:

\* Con dos veces desaprobado se cambia automáticamente nuevo proyecto de investigación.

\*\* El presente formato de acta es flexible, debiendo contener mínimamente la información descrita.



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCVELICAUNIDAD FUNCIONAL GESTION DE  
GRADOS Y TITULOS - EPZFirmado digitalmente por ARANA  
CCENCHO Wilmer Guzman FAU  
20168014962 soft  
Cargo: Coordinador De Gestion De  
Grados Y Titulos(E)  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 07.04.2026 11:25:43 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 07 de Abril del 2026

**INFORME N° 000009-2026-UNH/UFGGT-EPZ**

**A:** PAUL HERBER MAYHUA MENDOZA  
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

**ASUNTO:** PROPUESTA DE ASESOR DEL PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR TITULO  
PROFESIONAL DE MAURO GUTIERREZ BENIQUE Y JHONATAN ANTONI  
ACEVEDO HUAMAN.

Referencia: MEMORANDO 000060-2026-UNH/EPZ (6ABR2026)



Fecha elaboración: Huancavelica, 07 de Abril de 2026

Es grato dirigirme a usted, para saludarlo muy cordialmente y a la vez hacer de su conocimiento que, las estudiantes **MAURO GUTIERREZ BENIQUE Y JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN**, solicitan la propuesta de asesor para el proyecto de Tesis titulado **"METALES PESADOS EN TEJIDO MUSCULAR EN TRUCHAS ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) DE LA LAGUNA DE ORCCOCOCHA, DISTRITO DE SANTA ANA – 2026"**. Solicitan a su despacho gestionar ante la instancia correspondiente la designación del asesor en el marco del Art. 16° inciso b) y c), Art. 19° y Art. 21° del Reglamento Único de Grados y Títulos de la UNH, debiendo considerar lo siguiente:

**ASESOR:****Mg. MELANIO JURADO ESCOBAR****Mg. BLAS REYMUNDO CÓNDOR**

Sin otro particular es propicia la ocasión para hacerle llegar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

*Documento Firmado Digitalmente*

**WILMER GUZMAN ARANA CCENCHO**  
COORDINADOR DE GESTION DE GRADOS Y TITULOS(e)  
UNI. FUN. GESTION DE GRADOS Y TITULOS - EP ZOOTECNIA

WAC  
cc.:

N° Expediente: EPZ00020260000183



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través. Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do> Código de Verificación: 0JZV4RJ



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAVELICA

ESCUELA PROFESIONAL DE  
ZOOTECNIA



Firmado digitalmente por MAYHUA  
MENDOZA Paul Herber FAU  
20168014962 soft  
Cargo: Director(A) De Escuela  
Profesional  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 06.04.2026 14:43:33 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 06 de Abril del 2026

## MEMORANDO N° 000060-2026-UNH/EPZ

**A:** **WILMER GUZMAN ARANA CCENCHO**  
COORDINADOR DE GESTION DE GRADOS Y TITULOS(e)  
UNI. FUN. GESTION DE GRADOS Y TITULOS - EP ZOOTECNIA

**ASUNTO:** **REMITIR PROPUESTA DE DESIGNACIÓN DE ASESOR PARA PROYECTO DE TESIS DE GUTIERREZ BENIQUE MAURO Y ACEVEDO HUAMAN JHONATAN ANTONI.**

Referencia: SOLICITUD S/N

Fecha elaboración: Huancavelica, 06 de Abril de 2026

Mediante el presente comunico a usted, remitir, los documentos de la referencia de **GUTIERREZ BENIQUE MAURO Y ACEVEDO HUAMAN JHONATAN ANTONI**, para que tenga a bien de realizar propuesta de asesor de informe final de tesis, titulado: **"METALES PESADOS EN TRUCHAS ACOÍRIS (Oncorhynchus mykiss) EN LA LAGUNA, ORCCOCOCHA Y SU COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA PERUANA, CODEX ALIMENTARIUS"**, en tal sentido se sugiere como asesor al Mg. Melanio Jurado Escobar, conforme al artículo 13°, literal h) del reglamento Único de Grados y Títulos Versión 003 de la UNH.

Atentamente,

*Documento Firmado Digitalmente*

**PAUL HERBER MAYHUA MENDOZA**  
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

PMM  
cc.:

N° Expediente: EPZ00020260000183



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.  
Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do>  
Código de Verificación: **KCNBMFV**





UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAVELICAESCUELA PROFESIONAL DE  
ZOOTECNIAFirmado digitalmente por MAYHUA  
MENDOZA Paul Herber FAU  
20168014962 soft  
Cargo: Director(A) De Escuela  
Profesional  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 08.04.2026 08:37:49 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 08 de Abril del 2026

**MEMORANDO N° 000065-2026-UNH/EPZ**

**A:** Mg. MELANIO JURADO ESCOBAR  
ASESOR DE PROYECTO DE TESIS

**ASUNTO:** DESIGNACIÓN COMO ASESOR Y APROBACIÓN DE PROYECTO TESIS DE  
MAURO GUTIERREZ BENIQUE Y JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN.

Referencia: INFORME 000009-2026-UNH/UFGGT-EPZ (7ABR2026)

Fecha elaboración: Huancavelica, 07 de Abril de 2026

Mediante el presente comunico a usted, que se le designa como asesor del proyecto de tesis titulado: **"METALES PESADOS EN TEJIDO MUSCULAR EN TRUCHAS ARCOÍRIS (Oncorhynchus mykiss) DE LA LAGUNA DE ORCCOCOCHA, DISTRITO DE SANTA ANA – 2026"**, presentado por **MAURO GUTIERREZ BENIQUE** y **JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN**, de la Escuela Profesional de Zootecnia.

Para lo cual adjunto al presente un (01) ejemplar del mencionado proyecto, para realizar la evaluación, corrección e informe de aprobación o desaprobación, en plazo máximo de quince (15) días hábiles, de acuerdo al Artículo 13, inciso c) del reglamento único de Grados y Títulos de la UNH – versión 003, el mismo también se requiere para su aprobación, inscripción y reconocimiento vía resolución del presente proyecto. Adjunto ficha de evaluación anexo N° 01.

Atentamente,

*Documento Firmado Digitalmente*

**PAUL HERBER MAYHUA MENDOZA**  
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

PMM  
cc.:

N° Expediente: EPZ00020260000183



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM".  
Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.  
Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do>  
Código de Verificación: QDY5ZZN





UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCVELICA

ESCUELA PROFESIONAL DE  
ZOOTECNIA



Firmado digitalmente por MAYHUA  
MENDOZA Paul Herber FAU  
20168014962 soft  
Cargo: Director(A) De Escuela  
Profesional  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 14.04.2026 15:34:09 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 14 de Abril del 2026

**OFICIO N° 000246-2026-UNH/EPZ**

**Señor:**

**VICTOR GUILLERMO SANCHEZ ARAUJO**  
DECANO

**Presente.**

**Asunto: SOLICITO APROBACIÓN VÍA ACTO RESOLUTIVO LA DESIGNACIÓN DE  
ASESOR Y COASESOR PARA LA APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS  
MAURO GUTIERREZ BENIQUE y JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN.**

Referencia: INFORME 000004-2026-UNH/DAZ-MJE (13ABR2026)

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y, a la vez, tengo a bien de remitir, adjunto al presente, los documentos de la referencia más 01 ejemplar del proyecto de tesis y ficha de evaluación, presentado por los tesisistas, para su aprobación vía resolución de acuerdo al siguiente detalle:

**TESISTAS:**

MAURO GUTIERREZ BENIQUE  
JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN

**ASESOR:**

Mg. MELANIO JURADO ESCOBAR

**PROYECTO DE TESIS:**

“METALES PESADOS EN TRUCHAS ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) DE LA LAGUNA ORCCOCOCHA Y SU COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA PERUANA Y CODEX ALIMENTARIUS”.

Atentamente,

*Documento Firmado Digitalmente*

**M.Sc. PAUL HERBER MAYHUA MENDOZA**  
DIRECTOR DE ESCUELA PROFESIONAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

PMM  
cc.:

N° Expediente: EPZ00020260000183



“Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM”. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través. Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do> Código de Verificación: 39MVRFJ



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA**  
(Creada Ley N° 25265)  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**PROYECTO DE TESIS**

**Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la laguna, Orccococha y su comparación con la normativa peruana, Codex Alimentarius**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO AGROINDUSTRIAL  
**SUB LÍNEA**  
CIENCIA ANIMAL  
**PRESENTADO POR**

Bach: Mauro, GUTIERREZ BENIQUE

Bach: Jhonatan Antoni, ACEVEDO HUAMAN

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO ZOOTECNISTA**  
**HUANCAVELICA – PERÚ**

**2026**

## **Título**

**Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la laguna, Orccococha y su comparación con la normativa peruana, Codex Alimentarius**

## **Autores**

**Bach: GUTIERREZ BENIQUE, Mauro**

**Bach: Jhonatan Antoni, ACEVEDO HUAMAN**

**Asesor**

**Mg. Melanio JURADO ESCOBAR**

**<https://orcid.org/0000-0002-7553-5785>**

**DNI:20001969**

# Índice

Portada.....	i
Título .....	ii
Autores .....	iii
Asesor.....	iv
Índice .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla de cuadros.....	viii
CAPÍTULO I.....	9
EL PROBLEMA .....	9
1.1 Planteamiento del problema .....	9
1.2 Formulación del problema.....	11
1.2.1 Problema general .....	11
1.2.2 Problema específico.....	11
1.3 Objetivos .....	12
1.3.1 Objetivo general. ....	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 Justificación.....	12
CAPITULO II .....	17
MARCO TEÓRICO .....	17
2.1 Antecedentes de la Investigación .....	17
2.1.1 Internacionales. ....	17
2.1.2 Nacionales.....	21
2.1.3 Locales. ....	27

2.2 Bases teóricas .....	30
2.2.1 Metales pesados .....	30
2.2.2 Niveles permisibles de metales pesados trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> .....	42
2.3 Definición de términos.....	45
2.3.1 La trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	45
2.3.2 Metales pesados .....	52
2.3.3 Tejido muscular.....	53
2.3.4 Bioacumulación.....	54
2.3.5 Biomagnificación .....	54
2.3.6 Inocuidad alimentaria.....	55
2.3.7 Mercurio (Hg) .....	55
2.3.8 Plomo (pb).....	55
2.3.9 Arsénio (As).....	56
2.3.10 Cadmio (Cd).....	56
2.3.11 Cromo (Cr).....	57
2.3.12 Trucha arcoíris .....	58
2.3.13 Laguna.....	58
2.3.14 Laguna de Orcococha.....	58
2.3.15 Santa Ana.....	59
2.4 Hipótesis general.....	60
2.5 Variables.....	60
2.6 Operacionalización de variables.....	61
CAPÍTULO III.....	52
METODOLOGÍA .....	52

3.1	Ámbito espacial y temporal.....	52
3.2	Métodos de investigación.....	53
3.2.1	Tipo de investigación .....	54
3.2.2	Nivel de investigación .....	55
3.2.3	Diseño de la investigación.....	56
3.3	Población, muestra y muestreo.....	57
3.4	Técnica, instrumentos procedimientos para la recolección de datos.....	59
3.5	Técnica de procesamiento y análisis de datos .....	64
CAPITULO IV.....		65
ASPECTO ADMINISTRATIVO.....		65
4.1	Potencial Humano .....	65
4.2	Materiales y equipos.....	65
4.3	Cronograma de actividades (2026) .....	61
4.4	Presupuesto.....	62
4.5	Financiamiento .....	63
Referencia bibliográfica .....		64
Anexos.....		76
Matriz de consistencia .....		77

## **Tabla de cuadros**

Cuadro 1 Cuadro comparativo de Codex alimentarius, SANIPES y límites permisibles de metales pesados en truchas arcoíris.....	45
Cuadro 2. Cuadro de operacionalización de variablesCuadro .....	50

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del problema

A nivel global, la contaminación por metales pesados en ecosistemas acuáticos constituye una problemática ambiental crítica debido a su persistencia, toxicidad y capacidad de bioacumulación en organismos acuáticos, especialmente en especies destinadas al consumo humano como (*Oncorhynchus mykiss*). La Organización Mundial de la Salud advierte que la exposición prolongada a metales como plomo, cadmio y mercurio puede ocasionar efectos adversos severos en la salud humana, incluyendo daños neurológicos, renales y carcinogénicos (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021; Ali et al., 2022).

En este contexto, el Codex Alimentarius establece límites máximos permisibles de contaminantes en alimentos, constituyéndose en un estándar internacional para garantizar la inocuidad alimentaria. Sin embargo, estudios recientes han evidenciado que en diversas regiones del mundo los niveles de metales pesados en peces superan dichos límites, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública y la seguridad alimentaria global (Codex Alimentarius Commission, 2023; Kumar et al., 2023).

Desde una perspectiva teórica, esta problemática se fundamenta en los procesos de bioacumulación y biomagnificación en la cadena trófica, los cuales

explican la acumulación progresiva de contaminantes en organismos de niveles superiores. Metodológicamente, esto exige la aplicación de técnicas analíticas precisas que permitan cuantificar dichos contaminantes y compararlos con estándares internacionales (Ali et al., 2022).

En América Latina, la contaminación de ecosistemas acuáticos por metales pesados se ha incrementado debido a actividades antropogénicas como la minería, la agricultura intensiva y la descarga de efluentes industriales, afectando significativamente cuerpos de agua altoandinos donde se desarrolla la acuicultura de trucha arcoíris. Diversos estudios en la región han reportado concentraciones elevadas de metales pesados en peces de consumo humano, evidenciando un problema ambiental y sanitario relevante (Ramos et al., 2021; Fernández et al., 2022).

Desde el punto de vista práctico y social, esta situación compromete la seguridad alimentaria de poblaciones rurales que dependen del consumo de peces como fuente principal de proteína. Asimismo, la limitada disponibilidad de estudios específicos en lagunas altoandinas dificulta la evaluación integral del problema y la toma de decisiones basadas en evidencia científica (Fernández et al., 2022).

En el ámbito metodológico, se evidencia la necesidad de investigaciones que integren análisis químicos con estándares normativos internacionales, permitiendo establecer comparaciones objetivas y confiables sobre los niveles de contaminación en especies hidrobiológicas (Ramos et al., 2021).

En el Perú, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) representa una de las principales especies de acuicultura en zonas altoandinas, constituyendo una fuente importante de proteína para la población. No obstante, la presencia de metales pesados en cuerpos de agua, asociada principalmente a actividades mineras, representa un riesgo potencial para la inocuidad de este recurso (Ministerio del Ambiente del Perú, 2023).

El país cuenta con normativas establecidas por el Ministerio de Salud del Perú

y el Ministerio del Ambiente del Perú, que regulan los límites permisibles de contaminantes en alimentos y agua. Sin embargo, existe una limitada evidencia científica sobre la concentración de metales pesados en truchas provenientes de lagunas específicas como Orccococha, lo que evidencia un vacío de conocimiento a nivel local (Ministerio de Salud del Perú [MINSA], 2022).

Desde el enfoque teórico y metodológico, esta situación refleja la necesidad de aplicar modelos de evaluación de riesgo alimentario sustentados en datos empíricos. En el plano social, la exposición a metales pesados a través del consumo de alimentos contaminados representa un riesgo significativo para la salud pública, especialmente en poblaciones vulnerables (OMS, 2021).

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál es la concentración de metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr) en el tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la laguna Orccococha, y en qué medida estos valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y el Codex Alimentarius, para su implicancia en la aptitud de la laguna para la actividad acuícola?

### **1.2.2 Problema específico**

- ¿Cuál es la concentración de Hg, Pb, As, Cd y Cr en el tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la laguna Orccococha, distrito de Santa Ana – 2025?
- ¿Las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr superan los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana?
- ¿Las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr superan los límites máximos permisibles establecidos por el Codex Alimentarius?
- ¿Las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr evidencian condiciones de inocuidad que permitan inferir la aptitud del recurso para el

consumo humano y su implicancia en la reactivación de la actividad acuícola?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general.**

Determinar la concentración de metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr) en el tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la laguna Orccococha, y evaluarla en relación con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y el Codex Alimentarius, para inferir su implicancia en la aptitud de la laguna para la actividad acuícola.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Cuantificar la concentración de mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y cromo (Cr) en el tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la laguna Orccococha, distrito de Santa Ana – 2025.
- Comparar las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana vigente.
- Comparar las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr con los límites máximos permisibles establecidos por el Codex Alimentarius.
- Evaluar si las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr evidencian condiciones de inocuidad alimentaria que permitan inferir la aptitud del recurso para el consumo humano y su implicancia en la actividad acuícola.

## **1.4 Justificación**

A nivel internacional, la contaminación por metales pesados en ecosistemas acuáticos constituye una problemática de creciente preocupación debido a sus efectos acumulativos, persistentes y tóxicos en la cadena trófica,

particularmente en especies de consumo humano como *Oncorhynchus mykiss* (Organización Mundial de la Salud, 2021; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020). Organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura han establecido límites máximos permisibles para metales pesados en alimentos, con el fin de proteger la salud pública frente a riesgos como la bioacumulación y biomagnificación (OMS, 2021; FAO, 2020).

Asimismo, el Codex Alimentarius constituye un referente global normativo que regula la inocuidad alimentaria, incluyendo concentraciones máximas de contaminantes como plomo, cadmio y mercurio en productos hidrobiológicos (Codex Alimentarius Commission, 2019). En este contexto, la presente investigación adquiere relevancia al generar evidencia científica que permita contrastar la realidad local con estándares internacionales, contribuyendo a la vigilancia sanitaria global y a la seguridad alimentaria.

Diversos estudios recientes han evidenciado la presencia de metales pesados en peces de agua dulce en diferentes regiones del mundo, lo que refuerza la necesidad de monitoreo continuo (Ali et al., 2022; Kumar et al., 2023). Por tanto, este estudio se inserta en una problemática global que demanda soluciones basadas en evidencia científica.

En América Latina, la contaminación de cuerpos de agua por actividades mineras, agrícolas e industriales ha incrementado la presencia de metales pesados en ecosistemas acuáticos (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2021). Países como Perú, Bolivia y Chile presentan zonas altoandinas donde la actividad extractiva ha generado impactos significativos en lagunas y ríos, afectando especies hidrobiológicas de importancia económica y alimentaria.

Investigaciones desarrolladas en la región han reportado concentraciones elevadas de metales pesados en peces destinados al consumo humano, lo que

representa un riesgo potencial para la salud pública (Ramos et al., 2021; Fernández et al., 2022). En este contexto, la evaluación de metales pesados en truchas arcoíris en la laguna Orcococha permite aportar evidencia científica relevante para la región andina, fortaleciendo el conocimiento sobre contaminación ambiental en sistemas acuáticos de altura.

Asimismo, este estudio contribuye a la generación de información comparativa regional que puede ser utilizada para el diseño de políticas públicas orientadas al control ambiental y la seguridad alimentaria.

En el Perú, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) representa una de las principales especies de acuicultura en zonas altoandinas, siendo una fuente importante de proteína para la población (Ministerio de la Producción del Perú, 2022). Sin embargo, la presencia de metales pesados en cuerpos de agua asociados a actividades antropogénicas constituye una amenaza para la inocuidad de este recurso.

El marco normativo peruano, establecido por entidades como el Ministerio de Salud del Perú y el Ministerio del Ambiente del Perú, regula los límites permisibles de contaminantes en alimentos y agua (MINSA, 2021; MINAM, 2020). No obstante, existe una limitada disponibilidad de estudios específicos en lagunas altoandinas como Orcococha, lo que evidencia un vacío de conocimiento científico a nivel local.

Por ello, la presente investigación es pertinente, ya que permitirá determinar si las concentraciones de metales pesados en truchas cumplen con la normativa nacional e internacional, aportando información clave para la toma de decisiones en salud pública, control ambiental y producción acuícola.

Desde el punto de vista teórico, la investigación contribuye al desarrollo del conocimiento en áreas como la Ecotoxicología, la bioacumulación de metales pesados y la inocuidad alimentaria (Newman, 2015). Se sustenta en conceptos fundamentales como la transferencia de contaminantes en la cadena trófica, la biodisponibilidad de metales y su impacto en organismos acuáticos (Burger et

al., 2018). Además, el estudio fortalece el marco conceptual relacionado con la interacción entre factores ambientales y la acumulación de metales en tejidos biológicos, aportando evidencia empírica que puede ser utilizada en futuras investigaciones científicas.

En el ámbito práctico, los resultados de esta investigación permitirán: Determinar los niveles de metales pesados en truchas destinadas al consumo humano. Evaluar el cumplimiento de los estándares establecidos por el Codex Alimentarius y la normativa peruana. Proporcionar información útil para productores acuícolas, autoridades sanitarias y consumidores.

Esto facilitará la toma de decisiones orientadas a garantizar la calidad e inocuidad del producto, así como la implementación de medidas correctivas en caso de detectarse niveles elevados de contaminación (FAO, 2020).

Desde el enfoque metodológico, la investigación presenta valor científico al aplicar técnicas analíticas estandarizadas para la determinación de metales pesados en tejidos biológicos, tales como la espectrofotometría de absorción atómica (Skoog et al., 2014). Asimismo, el estudio propone un diseño comparativo que integra el análisis de resultados con estándares normativos (nacionales e internacionales), lo cual fortalece la validez externa de la investigación. Este enfoque puede ser replicado en otros estudios similares, constituyéndose en un referente metodológico para investigaciones en ecotoxicología y seguridad alimentaria.

Desde el punto de vista social, la investigación tiene un impacto directo en la salud pública, ya que el consumo de alimentos contaminados con metales pesados puede generar efectos adversos como enfermedades neurológicas, renales y metabólicas (OMS, 2021). Además, el estudio contribuye a: Proteger la salud de las poblaciones que dependen del consumo de trucha. Promover la seguridad alimentaria en comunidades altoandinas. Generar conciencia sobre la importancia del cuidado de los ecosistemas acuáticos. De esta manera, la investigación no solo tiene relevancia científica, sino también un impacto

social significativo al contribuir al bienestar de la población y a la sostenibilidad ambiental.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la Investigación

##### 2.1.1 Internacionales.

Mirzajani, Naji y Ghorbani (2019), realizaron en Chaharmahal y Bakhtiari, Irán, la investigación titulada “Acumulación y evaluación del riesgo para la salud humana de metales pesados en truchas arcoíris cultivadas *Oncorhynchus mykiss* de diferentes piscifactorías en Irán)”, cuyo objetivo fue determinar la acumulación de metales pesados en el tejido muscular de la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* y evaluar el riesgo potencial para la salud humana asociado a su consumo. La investigación tuvo una finalidad aplicada, con un alcance descriptivo y un diseño no experimental de tipo transversal. La población estuvo conformada por truchas arcoíris cultivadas en diferentes pisciculturas, mientras que la muestra incluyó ejemplares recolectados en granjas acuícolas seleccionadas en ocho localidades de la región de estudio. Para el análisis de los metales pesados se emplearon técnicas de laboratorio basadas en espectrometría, y para la evaluación del riesgo sanitario se calcularon la ingesta diaria estimada (EDI) y el cociente de riesgo no cancerígeno (THQ), de acuerdo con los criterios establecidos por la FAO y la Organización Mundial de la Salud.

Los resultados evidenciaron que las concentraciones de zinc se mantuvieron dentro de los límites máximos permisibles establecidos por las normas internacionales; sin embargo, en algunas estaciones de muestreo las concentraciones de plomo y cobre en el tejido muscular de la trucha superaron los valores recomendados para el consumo humano. Estos hallazgos reflejaron variaciones espaciales en la acumulación de metales, asociadas principalmente a la calidad del agua y a las condiciones ambientales de las fuentes hídricas que abastecen las pisciculturas.

Finalmente, los autores concluyeron que la acumulación de metales pesados en la trucha arcoíris está estrechamente relacionada con las características ambientales de los cuerpos de agua utilizados en la acuicultura, por lo que el consumo de trucha proveniente de determinadas zonas podría representar un riesgo potencial para la salud humana. En este sentido, se destacó la necesidad de implementar programas permanentes de monitoreo de metales pesados en sistemas acuícolas y cuerpos de agua de tipo lacustre.

Łuczyńska, Paszczyk y Borejszo (2018), realizaron en Polonia la investigación titulada “Contenido de mercurio, cadmio y plomo en peces de agua dulce de lagos polacos”, cuyo objetivo fue determinar las concentraciones de mercurio, cadmio y plomo en peces de agua dulce, incluyendo la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*, y evaluar su inocuidad para el consumo humano. La investigación tuvo una finalidad aplicada, con un alcance descriptivo y un diseño no experimental de tipo transversal. La población estuvo conformada por peces de agua dulce provenientes de distintos lagos polacos, mientras que la muestra incluyó ejemplares de *Oncorhynchus mykiss* recolectados en los cuerpos de agua seleccionados. Para el análisis de los metales pesados se emplearon técnicas de laboratorio basadas en métodos espectrométricos, siguiendo protocolos estandarizados de análisis químico.

Los resultados evidenciaron que las concentraciones de mercurio en el tejido muscular de la trucha arcoíris fueron superiores a las de otros metales evaluados; no obstante, los valores promedio de mercurio, cadmio y plomo se mantuvieron por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa europea y por los organismos internacionales de seguridad alimentaria. Asimismo, se observó que los peces provenientes de lagos naturales presentaron una mayor acumulación de mercurio en comparación con aquellos procedentes de sistemas de cultivo, lo cual se asoció a la dieta natural y a la exposición prolongada a sedimentos contaminados.

Finalmente, los autores concluyeron que, si bien los lagos naturales pueden constituir una fuente de exposición a metales pesados para los peces de agua dulce, las concentraciones encontradas en la trucha arcoíris no representan un riesgo significativo para la salud humana. Sin embargo, recomendaron la implementación de programas de monitoreo periódico en ecosistemas lacustres para prevenir posibles impactos ambientales y sanitarios.

Yilmaz et al. (2017), realizaron en el Embalse Keban, Turquía, la investigación titulada “Niveles de metales pesados en los tejidos de la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* del embalse de la presa de Keban, Turquía.”, cuyo objetivo fue determinar las concentraciones de metales pesados en el tejido muscular de la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* y evaluar el riesgo potencial para la salud humana asociado a su consumo. El estudio se desarrolló bajo un enfoque descriptivo, con un diseño no experimental de tipo transversal. La metodología incluyó la recolección de muestras de trucha provenientes tanto de sistemas de cultivo como de poblaciones silvestres, las cuales fueron analizadas mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) para la cuantificación de cadmio, plomo, cobre, zinc y hierro.

Los resultados evidenciaron la presencia de metales pesados en todas las muestras analizadas, observándose variaciones en las concentraciones según el tipo de metal y el origen de los peces. No obstante, los valores obtenidos se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la FAO y la Organización Mundial de la Salud.

Finalmente, los autores concluyeron que las concentraciones de metales pesados detectadas en el tejido muscular de *Oncorhynchus mykiss* no representaron un riesgo inmediato para la salud humana; sin embargo, recomendaron la implementación de programas de monitoreo continuo debido a la capacidad bioacumulativa de estos contaminantes en ecosistemas lacustres.

Varol y Sünbül (2017), realizaron en el lago reservorio Karakaya, ubicado en Turquía, la investigación titulada “Concentraciones de metales pesados y evaluación de riesgos para la salud de las especies de peces del lago de la presa Karakaya (Turquía)”, cuyo objetivo fue evaluar las concentraciones de metales pesados en peces, incluida la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*, y determinar el riesgo potencial para la salud humana derivado de su consumo. La investigación tuvo una finalidad aplicada, con un alcance descriptivo analítico y un diseño no experimental de tipo transversal. La población estuvo conformada por peces de diferentes especies presentes en el lago Karakaya, mientras que la muestra incluyó ejemplares de *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el sistema lacustre. Para el análisis estadístico y la evaluación del riesgo se emplearon técnicas de análisis químico mediante espectrometría, así como el cálculo del cociente de riesgo no cancerígeno (THQ) y el riesgo carcinogénico asociado al arsénico, de acuerdo con los lineamientos internacionales de evaluación de riesgo.

Los resultados evidenciaron que las concentraciones de metales pesados, tales como arsénico, cadmio, plomo, mercurio, cobre, zinc y otros

elementos traza, en el tejido muscular de la trucha arcoíris se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la FAO y la Organización Mundial de la Salud. Asimismo, los factores de biomagnificación calculados fueron menores a 1, lo que indica la ausencia de biomagnificación significativa de metales pesados en la cadena trófica del ecosistema lacustre evaluado.

Finalmente, los autores concluyeron que el consumo de trucha arcoíris proveniente del lago Karakaya no representa un riesgo significativo para la salud humana, aunque resaltaron la importancia de mantener programas de monitoreo continuo en sistemas lacustres utilizados para la producción y captura de peces, con el fin de prevenir posibles impactos ambientales y sanitarios asociados a la contaminación por metales pesados.

### **2.1.2 Nacionales.**

Palacios, Canales y Nureña (2025), realizaron Huancayo, Junín el estudio “Determinación de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en *Oncorhynchus mykiss* de piscifactorías en Junín – Perú, 2021”, cuyo objetivo fue determinar las concentraciones de metales pesados en trucha arcoíris de piscifactorías y evaluar su relación con valores permisibles establecidos por MERCOSUR y SANIPES. La investigación fue de tipo cuantitativo y transversal. La población estuvo constituida por truchas de piscigranjas locales, y la muestra incluyó 12 ejemplares analizados mediante espectrometría de absorción atómica con horno de grafito y generador de hidruros.

Los resultados mostraron valores de As, Cd, Hg y Pb en distintos distritos, con niveles de algunos metales superando los límites regulatorios en al menos uno de los distritos, lo que indicó un riesgo potencial de contaminación elevada en ciertas zonas de piscicultura. Finalmente, los autores concluyeron que las concentraciones de metales

pesados en trucha de algunas piscigranjas superan valores permisibles y podrían representar un riesgo para la salud.

De la Cruz (2024), realizó en Huamanga, Perú, la tesis titulada “Metales pesados en agua y truchas de las estaciones pesqueras del río Apacheta, Ayacucho, cuyo objetivo fue describir la relación entre las concentraciones de metales pesados en el agua y en el tejido muscular de la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* proveniente de las estaciones pesqueras Jatunpampa, Qenhuacucho y Qorichallwa, ubicadas a lo largo del recorrido del río Apacheta, en el distrito de Vinchos, provincia de Huamanga, región Ayacucho. La investigación tuvo una finalidad aplicada, con un alcance descriptivo correlacional y un diseño no experimental de tipo transversal. Para el análisis estadístico se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, debido a que los datos no presentaron distribución normal, tanto en las muestras de agua como en el tejido muscular de la trucha.

Los resultados evidenciaron que la concentración de arsénico en el agua superó los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la categoría 4 (E2), establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Asimismo, el contenido de arsénico en el tejido muscular de la trucha excedió los límites máximos permitidos por la normativa nacional de seguridad alimentaria y por las referencias internacionales del Codex Alimentarius y la normativa china. En contraste, las concentraciones de cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, selenio y zinc se mantuvieron por debajo de los valores máximos permisibles tanto en el agua como en el tejido muscular de la trucha. El análisis correlacional indicó la existencia de una correlación baja entre los niveles de metales pesados en el agua y en la musculatura de la trucha.

Finalmente, el autor concluyó que la relación entre la concentración de metales pesados en el agua de ingreso a las estaciones pesqueras y su

acumulación en la estructura muscular de la trucha es baja para el arsénico y el zinc, y no significativa para el cobre. En particular, se determinó que el contenido de arsénico en el agua del río Apacheta superó el ECA de 0.15 ppm para aguas de categoría 4, mientras que en el tejido muscular de la trucha los valores excedieron los límites establecidos por la FAO/OMS (0.002 ppm) y por la norma estándar china (0.10 ppm), evidenciando un riesgo potencial para la salud humana.

Peñaloza et al. (2023), realizaron en la Oroya, Junín, Perú en trabajo de investigación titulada “Evaluación de riesgos para la salud humana por exposición a metales pesados a través de la ingesta dietética de truchas arcoíris en el área de influencia de una planta de fundición ubicada en Perú”, cuyo objetivo fue evaluar el riesgo para la salud humana por la ingestión de metales pesados acumulados en la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* consumida en el área afectada por actividades metalúrgicas. La investigación tuvo una finalidad aplicada, con un enfoque analítico y un diseño no experimental de tipo transversal. La población estuvo constituida por truchas arcoíris que habitan cuerpos de agua cerca de la planta, y la muestra incluyó peces y muestras de agua y sedimentos recolectados en diferentes sectores del río. Para el análisis se determinaron las concentraciones de metales pesados en músculo de trucha, agua y sedimentos, calculando factores de bioconcentración y de acumulación en sedimentos, además de evaluar el riesgo sanitario mediante análisis probabilísticos (método de Monte Carlo).

Los resultados demostraron que en la trucha los metales Zn, Pb, Cu y As no superaron los límites máximos permisibles en músculo, aunque el agua superó los límites para Pb y As, y los sedimentos presentaron Pb significativamente alto.

Finalmente, los autores concluyeron que el consumo de trucha en la parte baja del río puede representar un riesgo potencial a la salud humana por

la bioacumulación de metales pesados, especialmente en zonas con influencia de contaminación metalúrgica.

Escobar et al (2023), realizaron en Puno, Perú, el estudio titulado “Caracterización fisicoquímica y presencia de metales pesados en la zona de cultivo de trucha del lago Titicaca, Perú”, cuyo objetivo fue determinar las condiciones fisicoquímicas del agua y las concentraciones de metales pesados en sedimentos en un área de cultivo de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*. La investigación tuvo una finalidad aplicada, con diseño descriptivo y muestreo transversal. La población estuvo conformada por muestras de agua y sedimentos del lago a diferentes profundidades y distancias del área de cultivo; la muestra se obtuvo durante un periodo de diez meses. Para la caracterización se utilizaron mediciones fisicoquímicas in situ y análisis de laboratorio.

Los resultados indicaron que los parámetros de calidad del agua no superaron los límites máximos permisibles del ECA Perú, y los metales pesados analizados en sedimentos (Hg, Cd, Pb, Zn, Cu) se mantuvieron dentro de los límites comparados con normas internas, aunque el arsénico en sedimentos excedió los niveles tolerables.

Finalmente, los autores concluyeron que, si bien la calidad del agua se encuentra dentro de rangos aceptables, la presencia de arsénico en sedimentos sugiere posibles impactos ambientales que podrían comprometer la sostenibilidad del cultivo de trucha en el lago.

Chui, et al. (2021), realizaron en Huancané, Puno el estudio titulado “Metales pesados en la trucha arcoíris de cultivo intensivo *Oncorhynchus mykiss* del noroeste del lago Titicaca”, cuyo objetivo fue evaluar la concentración de metales pesados en el músculo de trucha arcoíris criada intensivamente. Esta investigación descriptiva no experimental empleó espectrofotometría de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES) para cuantificar metales como Zn, Fe, Cd, Mn, Pb, Cu y Hg en tejidos

musculares.

Los resultados mostraron una secuencia de metales predominantes donde el zinc y el hierro fueron los más abundantes, y las concentraciones obtenidas no superaron los límites máximos permisibles recomendados por la FAO/OMS.

Llegando a la conclusión que las concentraciones medias de los metales pesados en las truchas arcoíris *Oncorhynchus mykiss* colectadas de la provincia de Puno fue de  $Zn > Fe > Mn > Pb > Cu > Cd > Hg$  y en la provincia de Huancané fue de  $Zn > Fe > Mn > Cu > Pb > Cd > Hg$ . Las concentraciones de los metales pesados evaluados en los músculos de las truchas arcoíris están por debajo de los límites máximos permisibles, siendo aptos para el consumo humano.

Estrada, Machuca y Cervantes (2021), llevaron a cabo en San Miguel, Cajamarca la investigación titulada “Determinación de la concentración de metales pesados en la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* y el riesgo para el consumo humano en la provincia de San Miguel – Cajamarca”, cuyo objetivo fue determinar niveles de metales pesados en la trucha y evaluar el riesgo asociado al consumo humano. El estudio fue de enfoque aplicado y descriptivo, con análisis de metales en músculo de trucha mediante espectrofotometría. Los resultados mostraron que las concentraciones de Cd, Hg, As y Pb no superaron los límites máximos permisibles de la normativa europea, y la evaluación de riesgo indicó valores aproximados a cero, lo que sugiere un riesgo menor para la salud. Finalmente, los autores concluyeron que, en las localidades evaluadas, el consumo de trucha no presentaría un riesgo significativo por exposición a metales pesados.

Murga y González (2020), realizaron en Pasco, Perú, la tesis titulada “Evaluación de metales pesados en ríos y truchas *Oncorhynchus mykiss* de la región Pasco, Perú”, cuyo objetivo fue determinar la presencia de

metales pesados en los ríos San Juan, Huallaga y Tingo Palca, así como en la laguna Punrún, además de evaluar la concentración de estos contaminantes en truchas *Oncorhynchus mykiss* cultivadas en piscigranjas locales. La investigación correspondió a un enfoque descriptivo de tipo transversal, dado que se describió la situación de los metales pesados en los cuerpos de agua y en las truchas evaluadas en un periodo determinado, con la finalidad de conocer su presencia y distribución mediante mediciones directas. El muestreo fue no probabilístico intencional, tanto para las muestras de agua como para las muestras biológicas. En el caso del análisis del agua, la población y muestra estuvieron conformadas por 08 puntos de muestreo, de los cuales 05 correspondieron al río Tingo Palca, 01 al río San Juan, uno al río Huallaga y 01 a la laguna Punrún. Para el análisis de las truchas *Oncorhynchus mykiss*, los ejemplares fueron obtenidos en la feria dominical del distrito de San Juan, procedentes tanto de la laguna Punrún como de diversas piscigranjas ubicadas en los ríos en estudio.

Los resultados evidenciaron concentraciones de algunos metales pesados por encima de los límites máximos permisibles en los ríos Tingo Palca, San Juan y Huallaga, principalmente asociadas a la presencia de actividades mineras a lo largo de sus cauces, destacándose el río San Juan como el más contaminado. En contraste, la laguna Punrún no mostró contaminación significativa por metales pesados, registrándose únicamente la presencia de plomo (Pb) en niveles muy bajos.

Respecto a las truchas evaluadas, los valores de metales pesados se encontraron por debajo de los límites establecidos, lo que indica que pueden ser consumidas sin riesgo para la salud humana. No obstante, se constató que las concentraciones de plomo en las aguas superficiales superan los límites máximos permisibles en todos los cuerpos de agua analizados, situación atribuida a la existencia de mineras y pasivos ambientales en la región.

Finalmente, los autores concluyen que la contaminación por metales pesados en las aguas superficiales estudiadas se debe principalmente a la actividad minera y a la presencia de pasivos ambientales cercanos, lo cual podría generar impactos negativos en los ecosistemas acuáticos, en las especies que habitan dichos ambientes y en las actividades humanas que dependen de estos recursos hídricos. Asimismo, resaltan que la determinación proactiva de metales pesados constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones orientadas a la protección ambiental y la salud de la población.

### **2.1.3 Locales.**

Bautista (2018), realizo en el centro poblado de Pacchos Molinos Paucará, el trabajo de investigación “Evaluación del contenido de metales pesados en carne y tejido óseo de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* producidos en el centro poblado de Paccho Molinos, Paucará – Huancavelica”, con el objetivo de evaluar el contenido de metales pesados (Pb, Hg y As) en la carne y tejido óseo de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* de la piscigranja Pactan del centro poblado de Paccho Molinos, Paucará – Huancavelica, siendo una investigación de tipo aplicada, de un nivel de investigación descriptivo, teniendo como la población utilizada para el presente estudio se estimó para el total de truchas que tiene la piscigranja “Pactan” el cual cuenta con una capacidad de 10000 truchas de la variedad arco iris, y distribuidas en 5 pozas y en cada poza se tiene la capacidad de 2000 truchas, la muestra fue recogida en cuatro meses distintos de cuatro pozas diferentes para sus respectivos análisis de laboratorio. Los metales pesados fueron analizados mediante la técnica de espectroscopia de Absorción Atómica.

Obteniendo como resultados en el tejido óseo no se encontró contaminación química por metales pesados, mientras que para las muestras de tejido muscular si se encontró presencia de plomo (Pb). Las

concentraciones determinadas se encuentran por debajo del límite permisible de Environmental Protection Agency – (EPA) para cuerpos de agua dulce. Las muestras de trucha analizadas no revelaron bioacumulación de metales pesados tales como arsénico (As), plomo (Pb) y mercurio (Hg) por lo que, se encuentran libres de contaminación, según las normas internacionales.

Llegando a la conclusión que las concentraciones de plomo, arsénico y mercurio que se encontró para muestras de carne de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* indican que los niveles de concentración son bajos e incluso con ausencia en algunas muestras, cumpliendo con las normas nacionales e internacionales. Las concentraciones de plomo, arsénico y mercurio que se encontró para muestras de tejido óseo de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* indican que los niveles de concentración son bajos e incluso con ausencia en algunas muestras, cumpliendo con las normas nacionales e internacionales. La evaluación de los metales pesados contenidos en la trucha arco iris indican que no existe un impacto ambiental con respecto al consumo humano de peces con el tamaño y peso comercial necesarios.

Ichpas (2024), realizo en la comunidad campesina de Sacsamarca, distrito de Huancavelica, su trabajo de investigación titulada “Evaluación de la presencia de metales pesados en truchas arcoíris *Oncorhynchus mykiss* de la piscigranja de Sacsamarca – Huancavelica, 2023”, la cual se desarrolló en la comunidad campesina de Sacsamarca, distrito y región Huancavelica. El estudio tuvo como objetivo principal evaluar el nivel de presencia de metales pesados en truchas arcoíris destinadas al comercio, considerando la importancia de este recurso hidrobiológico en la seguridad alimentaria y la salud pública de la población local y regional.

La investigación se enmarcó en un nivel explicativo, ya que buscó

analizar y explicar la presencia y concentración de metales pesados en el tejido de las truchas en función de las condiciones ambientales y productivas de la piscigranja. Asimismo, se empleó el método científico deductivo, partiendo de conocimientos generales sobre la bioacumulación de metales pesados en organismos acuáticos hacia el análisis específico del caso de estudio. El diseño metodológico fue no experimental y de corte transversal, debido a que las variables no fueron manipuladas deliberadamente y las mediciones se realizaron en un único periodo de tiempo. La población de estudio estuvo conformada por la totalidad de truchas arcoíris destinadas a la comercialización en la piscigranja de Sacsamarca. En cuanto a la muestra, esta estuvo constituida por 10 ejemplares de trucha arcoíris recolectados de manera mensual, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando criterios como disponibilidad de los ejemplares, tamaño comercial y adecuado estado sanitario. A cada espécimen se le extrajeron muestras de tejido muscular, por ser la fracción comestible de mayor relevancia para la evaluación del riesgo al consumidor.

Los análisis permitieron determinar las concentraciones de metales pesados de mayor interés sanitario. Los resultados evidenciaron que la concentración promedio de mercurio (Hg) fue de 0,037 mg/kg, la de plomo (Pb) alcanzó 0,216 mg/kg y la de arsénico (As) fue de 0,150 mg/kg. Estos valores reflejan una presencia medible de metales pesados en los tejidos de las truchas; sin embargo, se mantuvieron por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente de SANIPES – Perú y las recomendaciones internacionales del Codex Alimentarius Commission (FAO/OMS).

Finalmente, Ichpas (2024) concluyó que las truchas arcoíris producidas en la piscigranja de Sacsamarca cumplen con los estándares sanitarios nacionales e internacionales en relación con el contenido de metales

pesados, lo que indica que son aptas para el consumo humano. No obstante, el autor resalta la importancia de realizar monitoreos periódicos, dado que la bioacumulación de estos contaminantes puede variar en función de factores ambientales, calidad del agua y prácticas productivas, recomendando así fortalecer los programas de vigilancia ambiental y sanitaria en sistemas de cultivo acuícola de la región.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Metales pesados**

#### **2.2.1.1 Mercurio (Hg).**

La World Health Organization (2007), describe al mercurio como un metal pesado de alta toxicidad, presente de forma natural en el ambiente, que puede encontrarse en estado elemental, inorgánico u orgánico, siendo el metilmercurio su forma más tóxica y bioacumulable en los organismos acuáticos, lo que representa un riesgo significativo para la salud humana a través de la cadena alimentaria.

La Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO (2011), define al mercurio como un metal pesado persistente que puede incorporarse a los ecosistemas acuáticos mediante procesos naturales y actividades antropogénicas, destacando su capacidad de bioacumularse en peces y biomagnificarse a lo largo de la cadena trófica, especialmente en especies de consumo humano como la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*.

Según Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR (2019), el mercurio es un metal pesado altamente tóxico que afecta principalmente al sistema nervioso central, siendo el metilmercurio la forma predominante en ambientes

acuáticos y la principal responsable de la contaminación de peces, debido a su elevada afinidad por los tejidos musculares.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2013), señala que el mercurio es un metal pesado globalmente distribuido, capaz de transportarse a largas distancias en la atmósfera y depositarse en cuerpos de agua, donde puede transformarse en metilmercurio por acción microbiana, incrementando su toxicidad y su acumulación en organismos acuáticos.

De acuerdo con Alloway (2013), el mercurio es considerado uno de los metales pesados más peligrosos debido a su alta toxicidad, persistencia ambiental y capacidad de bioacumulación, especialmente en peces de agua dulce, donde su concentración depende de factores como el pH, la temperatura y el contenido de materia orgánica del ecosistema acuático.

#### **2.2.1.2 Plomo (Pb).**

La World Health Organization OMS (2010), describe al plomo como un metal pesado altamente tóxico, sin función biológica conocida, que se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente como resultado de procesos naturales y actividades antropogénicas. La exposición al plomo puede producirse a través del agua, los alimentos y los sedimentos, y este metal tiene la capacidad de bioacumularse en los organismos acuáticos, afectando diversos sistemas fisiológicos incluso a bajas concentraciones.

La Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2019), agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades define al plomo como un metal pesado persistente en el ambiente, que puede ingresar a los ecosistemas acuáticos a

través de descargas industriales, minería y escorrentía agrícola. En los peces, el plomo tiende a acumularse principalmente en tejidos como el hígado, las branquias y el músculo, pudiendo generar alteraciones neurológicas, hematológicas y enzimáticas, además de representar un riesgo para la salud humana cuando se consume pescado contaminado.

La U.S. Environmental Protection Agency (2018), agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) señala que el plomo es un metal pesado tóxico que puede persistir en cuerpos de agua dulce durante largos períodos, uniéndose a partículas en suspensión y sedimentos. En organismos acuáticos como la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*, la exposición crónica al plomo puede provocar estrés oxidativo, alteraciones en el crecimiento y daños en el sistema nervioso, incluso cuando las concentraciones ambientales son relativamente bajas

La FAO y la OMS (2019), a través del Codex Alimentarius, establecen que el plomo es un contaminante químico de interés prioritario en alimentos de origen acuático debido a su toxicidad acumulativa. El Codex señala que el consumo prolongado de alimentos contaminados con plomo puede ocasionar efectos adversos en la salud humana, como trastornos neurológicos y renales, razón por la cual se establecen límites máximos permisibles para su concentración en pescado y productos pesqueros destinados al consumo humano.

Heath (1995), después de diversos estudios ecotoxicológicos indican que el plomo, al ingresar a los ecosistemas acuáticos, puede ser absorbido por los peces a través de las branquias, la dieta y el contacto con sedimentos contaminados. En especies como *Oncorhynchus mykiss*, el plomo se acumula

progresivamente en el tejido muscular y órganos internos, lo que convierte a este metal en un indicador relevante de contaminación ambiental en lagos y lagunas altoandinas.

### **2.2.1.3 Arsénico (As).**

La World Health Organization (2011), menciona que arsénico es un metaloide considerado dentro del grupo de los metales pesados debido a su alta toxicidad, persistencia ambiental y capacidad de bioacumulación en organismos vivos, especialmente en ecosistemas acuáticos.

La World Health Organization (2011), describe al arsénico como un elemento que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre y que puede presentarse en formas inorgánicas y orgánicas, siendo las formas inorgánicas (arsenito  $As^{3+}$  y arsenato  $As^{5+}$ ) las más tóxicas para los organismos acuáticos y el ser humano. Estas formas pueden incorporarse fácilmente a los cuerpos de agua y bioacumularse en peces.

La Food and Agriculture Organization y la World Health Organization FAO/WHO (2014), señalan que el arsénico puede ingresar a los ecosistemas acuáticos a través de procesos naturales, como la meteorización de rocas, así como por actividades antrópicas, incluyendo la minería, agricultura y descargas industriales. En los peces, el arsénico se acumula principalmente en tejidos como el músculo, hígado y branquias, representando un riesgo potencial para la salud humana cuando se supera el límite máximo permisible.

Por su parte, Smedley y Kinniburgh (2002), indican que el arsénico es uno de los contaminantes más comunes en aguas superficiales y subterráneas a nivel mundial, y que su movilidad en ambientes acuáticos depende de factores fisicoquímicos

como el pH, el potencial redox y la presencia de materia orgánica, los cuales influyen directamente en su biodisponibilidad para los peces.

Asimismo, Rahman et al. (2014), destacan que la exposición crónica al arsénico en peces puede generar efectos adversos como estrés oxidativo, alteraciones metabólicas, reducción del crecimiento y afectación del sistema inmunológico, lo que compromete la salud de especies acuáticas como la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*.

Finalmente, el Codex Alimentarius Commission (2019), establece límites máximos de arsénico inorgánico en productos pesqueros, debido a su carácter carcinogénico y a su capacidad de bioacumularse en organismos acuáticos, resaltando la necesidad de monitorear este metal pesado en peces destinados al consumo humano.

#### **2.2.1.4 Cadmio (Cd).**

La World Health Organization WHO (2010), define al cadmio como un metal pesado altamente tóxico, presente de forma natural en la corteza terrestre y liberado al ambiente principalmente por actividades antropogénicas como la minería, la metalurgia y el uso de fertilizantes fosfatados. En los ecosistemas acuáticos, el cadmio puede disolverse en el agua y acumularse en los sedimentos, siendo fácilmente absorbido por los organismos acuáticos, donde presenta una alta capacidad de bioacumulación y efectos adversos sobre la salud humana y ambiental.

La Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO (2011), señala que el cadmio es un contaminante no esencial para los organismos vivos, que puede ingresar a la

cadena alimentaria acuática y concentrarse progresivamente en tejidos como el hígado y el músculo de peces, incluyendo la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*. La exposición crónica a este metal a través del consumo de alimentos contaminados está asociada con daños renales, alteraciones óseas y efectos carcinogénicos.

Según Alloway (2013), el cadmio es uno de los metales pesados de mayor preocupación ambiental debido a su alta movilidad en el suelo y el agua, lo que facilita su transporte hacia cuerpos de agua superficiales como lagos y lagunas. En ambientes acuáticos, su disponibilidad está influenciada por factores fisicoquímicos como el pH, la dureza del agua y el contenido de materia orgánica, los cuales condicionan su absorción por los organismos acuáticos.

De acuerdo con Nordberg et al. (2015), el cadmio posee una vida media biológica prolongada en los organismos, lo que favorece su acumulación a largo plazo. En peces, este metal puede generar estrés oxidativo, alteraciones enzimáticas y efectos negativos sobre el crecimiento y la reproducción, lo que compromete la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos y la calidad del recurso hidrobiológico destinado al consumo humano.

Finalmente, la Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2012), indica que el cadmio, aun en concentraciones bajas, representa un riesgo significativo para la salud pública cuando se bioacumula en organismos acuáticos consumidos por el ser humano. Por ello, organismos internacionales han establecido límites máximos permisibles para el cadmio en alimentos de origen acuático, con el fin de proteger la salud de

la población.

#### **2.2.1.5 Cromo (Cr)**

World Health Organization (2019), establece que el cromo es un metal pesado que se presenta principalmente en dos estados de oxidación ambientalmente relevantes: cromo trivalente (Cr III) y cromo hexavalente (Cr VI), siendo este último altamente tóxico, carcinogénico y móvil en sistemas acuáticos.

Barceloux (1999), señala que el cromo hexavalente representa un riesgo significativo para los organismos acuáticos debido a su alta solubilidad y capacidad de atravesar membranas celulares, lo que favorece su acumulación en tejidos de peces y otros organismos acuáticos.

Según Alloway (2013), el cromo puede ingresar a cuerpos de agua a través de descargas industriales, actividades mineras y procesos de erosión natural, acumulándose en sedimentos y biota acuática, lo que justifica su monitoreo permanente en ecosistemas lacustres destinados a la producción pesquera.

#### **2.2.1.6 Anomalías por metales pesados en trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss***

##### **2.2.1.6.1 Mercurio (Hg).**

World Health Organization (2007), menciona que el mercurio es un metal pesado de alta toxicidad que, en ambientes acuáticos, se transforma principalmente en metilmercurio, una forma altamente bioacumulable y biomagnificable en peces. En la trucha arcoíris, el mercurio se concentra principalmente en el tejido muscular, afectando el sistema nervioso, el crecimiento y la capacidad reproductiva.

Heath, (1995), indica que la exposición crónica al mercurio en peces de agua dulce provoca alteraciones neurológicas, estrés oxidativo y daño enzimático, lo que puede traducirse en disminución del rendimiento fisiológico y aumento de la mortalidad.

Burger y Gochfeld (2005), sostienen que en *Oncorhynchus mykiss* el mercurio interfiere con la función metabólica y la homeostasis celular, afectando la cadena alimentaria y representando un riesgo tanto ecológico como para la salud humana.

#### **2.2.1.6.2 Plomo (Pb)**

La Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2019), describe al plomo como un metal pesado altamente tóxico que no cumple ninguna función biológica en los organismos vivos. En peces, el plomo se acumula en branquias, hígado y músculo, interfiriendo con el metabolismo del calcio y afectando el desarrollo óseo.

Jeziarska y Witeska (2006), señalan que en la trucha arcoíris la exposición al plomo produce daños hematológicos, alteraciones en el sistema inmunológico y reducción del crecimiento, además de afectar el comportamiento natatorio.

Almeida et al. (2002), reportan que concentraciones elevadas de plomo en ambientes acuáticos generan estrés fisiológico en *Oncorhynchus mykiss*, reduciendo la supervivencia larval y juvenil.

#### **2.2.1.6.3 Arsénico (As)**

La World Health Organization (2011), define al arsénico como un metaloide altamente tóxico presente de forma natural en cuerpos de agua, el cual puede ingresar a los organismos acuáticos a través del agua y la dieta. En peces, el arsénico se acumula principalmente en músculo, hígado y riñón.

Smedley y Kinniburgh (2002), indican que la exposición prolongada al arsénico en peces de agua dulce provoca alteraciones metabólicas, estrés oxidativo y daño en tejidos, afectando la supervivencia y el crecimiento.

Rahman et al. (2012), señalan que en la trucha arcoíris el arsénico puede generar efectos subletales como reducción de la actividad enzimática y alteraciones fisiológicas, además de representar un riesgo para la salud humana por consumo del pescado contaminado.

#### **2.2.1.6.4 Cadmio (Cd)**

European Food Safety Authority EFSA (2012), describe al cadmio como un metal pesado altamente tóxico que se bioacumula en organismos acuáticos, especialmente en riñón e hígado, con una vida media prolongada.

McGeer et al. (2011), señalan que en *Oncorhynchus mykiss* el cadmio produce daño renal, alteraciones en el sistema osmorregulador y estrés oxidativo, afectando la capacidad de adaptación del pez al medio acuático.

Jezierska y Witeska (2006), reportan que la exposición crónica al cadmio reduce el crecimiento, la fecundidad y la resistencia a enfermedades en peces de agua dulce.

#### **2.2.1.6.5 Cromo (Cr)**

La World Health Organization (2008), indica que el cromo, especialmente en su forma hexavalente (Cr VI), es altamente tóxico para organismos acuáticos. En peces, se acumula principalmente en branquias y tejidos internos.

Velma y Tchounwou (2010), señalan que la exposición al cromo en *Oncorhynchus mykiss* genera estrés oxidativo, daño celular y alteraciones en el metabolismo energético.

Shanker et al. (2005), reportan que el cromo puede afectar el crecimiento y la función respiratoria de los peces, comprometiendo su supervivencia en ambientes contaminados.

#### **2.2.1.7 Enfermedades y efectos en la salud humana por el consumo de truchas *Oncorhynchus mykiss* contaminadas con metales pesados.**

El consumo de trucha arcoíris contaminada con concentraciones elevadas de metales pesados representa un riesgo significativo para la salud humana, debido a la capacidad de estos elementos para bioacumularse en el tejido muscular del pez y transferirse al ser humano a través de la dieta. La exposición crónica, incluso a bajas dosis, puede generar enfermedades sistémicas, neurológicas, renales y

carcinogénicas, dependiendo del tipo de metal y del tiempo de consumo.

#### **2.2.1.7.1 Mercurio (Hg)**

Según la World Health Organization (2007), el mercurio, especialmente en su forma orgánica (metilmercurio), es altamente neurotóxico. La ingesta de pescado contaminado con mercurio puede causar daños en el sistema nervioso central y periférico, manifestándose como pérdida de memoria, temblores, alteraciones motoras y trastornos cognitivos. En mujeres gestantes, el mercurio atraviesa la placenta y puede provocar retraso en el desarrollo neurológico fetal, malformaciones congénitas y déficit intelectual en niños.

##### **Enfermedades asociadas:**

- Trastornos neurológicos crónicos
- Daño cerebral irreversible
- Alteraciones del desarrollo infantil (síndrome de Minamata)

#### **2.2.1.7.2 Plomo (Pb)**

De acuerdo con la World Health Organization (2019), el plomo es un metal altamente tóxico que afecta múltiples sistemas del organismo. El consumo de peces contaminados con plomo puede ocasionar daño neurológico, hematológico y renal. En niños, incluso bajas concentraciones se asocian con disminución del coeficiente intelectual,

problemas de aprendizaje y alteraciones del comportamiento, mientras que en adultos puede generar hipertensión y daño renal crónico.

**Enfermedades asociadas:**

- Anemia
- Trastornos neurológicos
- Daño renal crónico
- Retraso cognitivo infantil

**2.2.1.7.3 Arsénico (As)**

Según la Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2012), el cadmio se bioacumula principalmente en riñones e hígado. La exposición crónica a través del consumo de pescado contaminado provoca nefrotoxicidad, alteraciones óseas y desmineralización del esqueleto. Además, el cadmio está clasificado como carcinógeno humano.

**Enfermedades asociadas:**

- Insuficiencia renal
- Osteoporosis y fragilidad ósea
- Enfermedades cardiovasculares
- Cáncer (exposición prolongada)

**2.2.1.7.4 Cadmio (Cd)**

La World Health Organization (2011), señala que el arsénico inorgánico es altamente tóxico y carcinogénico. El consumo prolongado de peces contaminados con arsénico puede causar lesiones cutáneas, trastornos gastrointestinales, alteraciones

hepáticas y aumentar el riesgo de cáncer de piel, pulmón y vejiga.

**Enfermedades asociadas:**

- Lesiones dermatológicas (hiperpigmentación y queratosis)
- Trastornos gastrointestinales
- Daño hepático
- Cáncer (piel, pulmón y vejiga)

**2.2.1.7.5 Cromo (Cr)**

Según la Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR (2012), el cromo hexavalente (Cr VI) es la forma más tóxica del cromo. La ingestión de alimentos contaminados con altas concentraciones de cromo puede provocar irritación gastrointestinal, daño hepático y renal, además de efectos mutagénicos y carcinogénicos en exposiciones prolongadas.

**Enfermedades asociadas:**

- Gastritis y úlceras gastrointestinales
- Daño hepático y renal
- Alteraciones genéticas
- Riesgo de cáncer

**2.2.2 Niveles permisibles de metales pesados trucha arcoíris  
Oncorhynchus mykiss**

**2.2.2.1. Según el Codex Alimentarius (FAO/WHO)**

El Codex Alimentarius (1995) establece límites máximos recomendados de contaminantes en

alimentos, incluidos algunos metales pesados en productos pesqueros. Aunque no se detallan todos los metales para todos los alimentos, en el caso de productos pesqueros (fish and fish products) se reportan los siguientes valores generales: **Mercurio (Hg)**. Máximo 0.5 mg/kg para peces finos (no incluidos túnidos grandes) y hasta 1.0 mg/kg para ciertos peces grandes predadores (como atún y pez espada) en términos de mercurio total. **Plomo (Pb)**. Límite habitual en productos de pescado  $\leq 0.5$  mg/kg.

**Cadmio (Cd)**. Límite típico para peces de agua dulce  $\leq 0.1$  mg/kg.

**Arsénico (As)**. El Codex no ha establecido límites máximos específicos para arsénico total en pescado, aunque sí monitorea arsénico inorgánico para otros alimentos; los estudios que comparan datos muestran que valores de total As en peces dentro de  $\sim 0.5$  mg/kg o menos son considerados dentro de los límites de Codex para seguridad alimentaria.

**Cromo (Cr)**. El Codex no ha establecido un límite máximo específico para cromo en productos pesqueros, por lo que se recomienda referirse a normas nacionales o de otras regiones cuando sea necesario. (No hay límite explícito en CXS 193-1995 para Cr en pescado).

Estos límites están expresados en mg por kilogramo (mg/kg) de producto alimenticio (peso fresco), y son recomendados para proteger la salud del

consumidor

**2.2.2.2. Según SANIPES (Organismo Nacional de Sanidad Pesquera y Acuicultura, Perú)**

La normativa de SANIPES (Organismo Nacional de Sanidad Pesquera y Acuicultura, Perú), en sus manuales de inocuidad e indicadores sanitarios para productos hidrobiológicos, incluye límites máximos de control para metales pesados en pescado. Según una publicación consultada:

**Mercurio (Hg).**

Pescado de agua dulce no predador:  $\leq 0.3$  mg/kg

Pescado de agua dulce predador:  $\leq 0.6$  mg/kg

Pescado marino general:  $\leq 0.5$  mg/kg

Peces grandes (túnidos, pez espada):  $\leq 1.0$  mg/kg

**Plomo (Pb).**

(Pb):  $\leq 1.0$  mg/kg para pescado en conserva o productos hidrobiológicos (general).

**Cadmio (Cd).**

(Cd):  $\leq 0.2$  mg/kg en productos hidrobiológicos.

**Arsénico (As).**

(As) Pescado de agua dulce:  $\leq 1.0$  mg/kg

Pescado marino:  $\leq 5.0$  mg/kg

**Cromo (Cr).**

(Cr)  $\leq 0.5$  mg/kg en productos hidrobiológicos (indicador de contaminante químico).

Estos valores representan límites máximos de control (LMP) que SANIPES utiliza como referencia para determinar si un producto hidrobiológico es apto para consumo humano seguro.

**Cuadro 1 Cuadro comparativo de Codex alimentarius, SANIPES y límites permisibles de metales pesados en truchas arcoíris.**

Metal pesado	Codex Alimentarius (Autor–Año)	Límite permisible (mg/kg)	Norma peruana – SANIPES (Autor–Año)	Límite permisible (mg/kg)
Mercurio (Hg)	FAO/WHO, 2019	≤ 0,5	SANIPES, 2018	0,3 – 0,5
Plomo (Pb)	FAO/WHO, 2019	≤ 0,5	SANIPES, 2018	≤ 1,0
Cadmio (Cd)	FAO/WHO, 2019	≤ 0,1	SANIPES, 2018	≤ 0,2
Arsénico (As)	FAO/WHO, 2019	No específica	SANIPES, 2018	≤ 1,0
Cromo (Cr)	FAO/WHO, 2019	No específica	SANIPES, 2018	≤ 0,5

Fuente: Codex Alimentarius y SANIPES

## 2.3 Definición de términos.

### 2.3.1 La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

#### 2.3.1.1 Origen de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Behnke (2002); Nelson et al. (2016), mencionan que la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* es una especie nativa de la región del Pacífico de América del Norte, con una distribución natural que abarca desde el sur de Alaska, Canadá y Estados Unidos, hasta el norte de México. Su origen evolutivo se encuentra estrechamente vinculado a los sistemas fluviales y lacustres de aguas frías y bien oxigenadas de esta región, donde desarrolló adaptaciones fisiológicas y ecológicas que le permitieron

colonizar una amplia variedad de hábitats dulceacuícolas.

Behnke (2002); Nelson et al. (2016) en sus estudios taxonómicos y filogenéticos indican que *Oncorhynchus mykiss* pertenece al linaje de los salmonidos del Pacífico, diferenciándose genéticamente de las truchas del género *Salmo*, a pesar de similitudes morfológicas. Esta diferenciación fue confirmada mediante análisis moleculares y comparativos, los cuales evidencian que la trucha arcoíris comparte un ancestro común con especies anádromas del género *Oncorhynchus*, como el salmón steelhead, lo que explica su alta plasticidad ecológica y capacidad adaptativa

FAO, 2020; Piper et al. (1982), describe desde una perspectiva histórica, la expansión global de la trucha arcoíris se produjo a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, impulsada por su rápido crecimiento, elevada aceptación comercial y potencial para la pesca deportiva. Organismos gubernamentales y centros de investigación promovieron su introducción en Europa, Asia, África y América del Sur, donde se estableció exitosamente en ríos, lagos y lagunas de zonas templadas y altoandinas. En el Perú, su introducción se asocia a programas de repoblamiento y desarrollo acuícola en regiones andinas, aprovechando las condiciones ambientales similares a su hábitat de origen.

FAO, (2020); Authman et al. (2015), asimismo, diversos autores señalan que la capacidad de *O. mykiss* para tolerar variaciones ambientales moderadas, su dieta carnívora flexible y su eficiencia reproductiva fueron factores clave que facilitaron su dispersión fuera de su área nativa. No obstante, su carácter de especie exótica también ha generado impactos ecológicos en algunos ecosistemas, al competir con especies nativas por

alimento y espacio, lo que ha motivado evaluaciones de riesgo ecológico en diferentes países.

### **2.3.1.2 Taxonomía de la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss***

Nelson et al. (2016); Behnke, (2002), menciona que la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* es un pez óseo perteneciente al grupo de los salmoniformes, cuya clasificación taxonómica se fundamenta en criterios morfológicos, anatómicos y genéticos. Estudios sistemáticos y filogenéticos han permitido ubicarla con precisión dentro de la familia Salmonidae, caracterizada por especies de aguas frías con alto valor ecológico y económico.

#### **Clasificación taxonómica**

Walbaum, (1792), realiza la clasificación taxonómica de la siguiente manera.

**Reino:** Animalia

**Filo:** Chordata

**Clase:** Actinopterygii

**Orden:** Salmoniformes

**Familia:** Salmonidae

**Subfamilia:** Salmoninae

**Género:** *Oncorhynchus*

**Especie:** *Oncorhynchus mykiss*

Según Nelson et al. (2016), el género *Oncorhynchus* agrupa a los salmones y truchas del Pacífico, diferenciándose del género *Salmo* (truchas del Atlántico) por rasgos osteológicos y genéticos. Por su parte, Behnke (2002), destaca que *Oncorhynchus mykiss* presenta una elevada variabilidad

fenotípica, lo que explica la existencia de poblaciones residentes y anádromas (steelhead) dentro de la misma especie.

### **2.3.1.3 *Introducción de la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* en el Perú***

Wurm y Aguirre (1963); Behnke, (2002), mencionan que la introducción de la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* en el Perú se produjo a inicios del siglo XX como parte de los esfuerzos por diversificar la pesca continental y aprovechar los ecosistemas acuáticos altoandinos. Diversos autores coinciden en que este proceso fue impulsado por Durand, quien gestionó la importación de ovas fecundadas desde el extranjero con fines de aclimatación y repoblamiento de ríos, lagos y lagunas de la sierra peruana.

Según Wurm y Aguirre (1963), la primera introducción exitosa de trucha en el Perú ocurrió alrededor del año 1928, cuando las ovas fueron incubadas en estaciones piscícolas experimentales, logrando posteriormente su dispersión hacia diferentes cuerpos de agua de las regiones andinas. Estas introducciones se realizaron debido a la similitud climática entre los ecosistemas altoandinos peruanos y el hábitat natural de la trucha en América del Norte.

IMARPE (2009); PRODUCE (2018), mencionan que, durante la segunda mitad del siglo XX, la trucha arcoíris se consolidó como una especie clave para el desarrollo de la acuicultura continental en el Perú. Instituciones del Estado promovieron su cultivo por su rápido crecimiento, alto valor nutricional y aceptación en el mercado, destacando su expansión en zonas como Puno, Cusco, Junín y Ayacucho, especialmente en el lago Titicaca.

Cambray (2003); FAO (2020), relata que, en la actualidad, la trucha arcoíris constituye la principal especie de acuicultura continental del país. No obstante, diversos estudios advierten que, al tratarse de una especie exótica, su introducción ha generado impactos ecológicos en algunos ecosistemas, como la competencia con especies nativas y la alteración de comunidades acuáticas, lo que ha llevado a promover un enfoque de manejo sostenible y ambientalmente responsable.

#### **2.3.1.4 *Biología de la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss****

Behnke (2002), define a la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* que es un pez teleosteo de aguas frías perteneciente a la familia Salmonidae, caracterizado por una elevada plasticidad biológica y fisiológica que le permite adaptarse a diversos ambientes acuáticos. Desde el punto de vista morfológico, presenta un cuerpo fusiforme, hidrodinámico y ligeramente comprimido lateralmente, cubierto por escamas cicloides pequeñas. Su coloración es variable y depende de la edad, el sexo y el ambiente, destacando una franja longitudinal rosada o rojiza a lo largo de los flancos, rasgo distintivo de la especie.

Piper et al., (1982); FAO (2020), mencionan que, desde una perspectiva fisiológica, la trucha arcoíris es una especie ectotérmica, con un metabolismo estrechamente vinculado a la temperatura del agua. Su rango óptimo de temperatura se sitúa entre 10 y 16 °C, aunque puede tolerar valores entre 5 y 20 °C. Requiere aguas bien oxigenadas, con concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 6 mg/L, lo que explica su preferencia por ecosistemas de montaña como ríos, lagos y lagunas altoandinas.

Burger y Gochfeld, (2005), describen en términos de nutrición,

*O. mykiss* es una especie carnívora oportunista, cuya dieta natural incluye insectos acuáticos, crustáceos, zooplancton y pequeños peces. En sistemas de cultivo, se alimenta con dietas balanceadas de alto contenido proteico, lo que favorece su rápido crecimiento y elevada eficiencia de conversión alimenticia. Esta estrategia trófica, sin embargo, también facilita la bioacumulación de contaminantes, como metales pesados, cuando habita en ambientes contaminados.

Piper et al. (1982); Behnke, (2002), describen que desde el punto de vista de la reproducción de la trucha arcoíris es ovípara, con fecundación externa. El desove ocurre generalmente en aguas frías y poco profundas, con sustratos de grava, donde la hembra deposita los huevos en nidos denominados redds. La incubación de los huevos dura entre 20 y 30 días, dependiendo de la temperatura del agua. La madurez sexual se alcanza entre los 2 y 3 años de edad, variando según las condiciones ambientales y nutricionales.

Authman et al. (2015), menciona desde el punto de vista ecológico, la trucha arcoíris ocupa un nivel trófico medio-alto y desempeña un rol importante en la regulación de comunidades acuáticas. Su sensibilidad a cambios en la calidad del agua y su capacidad para acumular contaminantes la convierten en una especie indicadora de la salud ambiental de los ecosistemas acuáticos continentales.

#### **2.3.1.5 Etapas o ciclo de vida de la truchas arcoíris *Oncorhynchus mykiss***

Piper et al. (1982); FAO (2020), describen el ciclo de vida de la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* comprende una serie de etapas ontogénicas bien definidas, cada una con requerimientos

fisiológicos y ambientales específicos que condicionan su supervivencia, crecimiento y reproducción. Estas etapas están fuertemente influenciadas por factores como la temperatura del agua, la disponibilidad de oxígeno y la calidad del hábitat.

### **Huevos u Ovas.**

Piper et al. (1982), describe la etapa embrionaria inicia con la puesta de huevos fecundados, los cuales son depositados por la hembra en nidos excavados en sustratos de grava denominados redds. Los huevos presentan un diámetro aproximado de 4 a 5 mm y su desarrollo embrionario depende principalmente de la temperatura del agua, con un rango óptimo entre 8 y 12 °C. La incubación tiene una duración aproximada de 20 a 30 días, período durante el cual los embriones son altamente sensibles a la contaminación y a la reducción del oxígeno disuelto.

### **Alevín (saco vitelino)**

Behnke (2002), menciona que, tras la eclosión, el organismo entra en la fase de alevín con saco vitelino, el cual le proporciona las reservas energéticas necesarias para su desarrollo inicial. En esta etapa, los alevines permanecen ocultos entre el sustrato, con movilidad limitada y alta vulnerabilidad a factores ambientales adversos. La duración de esta fase varía entre 10 y 15 días, dependiendo de las condiciones térmicas.

### **Larva libre o fry**

FAO (2020), menciona que, una vez absorbido el saco vitelino, el organismo pasa a la etapa de larva libre o fry, caracterizada por el inicio de la alimentación exógena y el desarrollo progresivo de la capacidad natatoria. Durante esta fase, los individuos comienzan a desplazarse activamente en la columna

de agua y a alimentarse de zooplancton e invertebrados acuáticos de pequeño tamaño.

### **Juvenil**

Piper et al. (1982), manifiesta que en la etapa juvenil se caracteriza por un crecimiento acelerado, mayor eficiencia en la conversión alimenticia y el desarrollo de patrones de comportamiento más complejos, como la territorialidad y la competencia por el alimento. En esta fase, la trucha arcoíris incrementa su tolerancia ambiental y amplía su nicho ecológico, ocupando diferentes microhábitats dentro del cuerpo de agua.

### **Adulto**

Behnke (2002), describe que la etapa adulta se alcanza cuando la trucha logra la madurez sexual, generalmente entre los 2 y 3 años de edad, dependiendo de las condiciones ambientales y nutricionales. Los adultos presentan una mayor capacidad reproductiva y un comportamiento migratorio limitado en ambientes lénticos. En esta fase se completa el ciclo de vida, permitiendo la reproducción y la perpetuación de la especie.

## **2.3.2 Metales pesados**

Alloway (2013), describe a los metales pesados son elementos químicos con alta densidad atómica y peso molecular elevado, que presentan toxicidad incluso a bajas concentraciones y pueden bioacumularse en los organismos vivos y biomagnificarse a lo largo de la cadena trófica, generando efectos adversos en la salud humana y en los ecosistemas acuáticos.

Jaishankar et al. (2014), menciona desde el punto de vista ambiental, los metales pesados como el mercurio, plomo, cadmio, arsénico y cromo son considerados contaminantes persistentes debido a su resistencia a la

degradación, su capacidad de acumulación en sedimentos y tejidos biológicos, y su potencial riesgo toxicológico para organismos acuáticos y consumidores humanos.

### **2.3.3 Tejido muscular**

Johnston (2001), describe que el tejido muscular en los peces teleósteos, como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), constituye el principal componente corporal, representando entre el 60 y 70 % de su peso total, y cumple funciones esenciales relacionadas con la locomoción, el mantenimiento postural y la supervivencia en ambientes acuáticos. Desde el punto de vista estructural y funcional, el músculo de la trucha presenta características particulares que lo diferencian del músculo de vertebrados terrestres.

Altringham y Ellerby (1999), menciona que el músculo esquelético de la trucha está organizado en miotomos dispuestos en forma de “W”, separados por mioseptos de tejido conectivo, lo que facilita una contracción eficiente durante la natación.

Johnston et al. (2004), describe que el tejido muscular se clasifica principalmente en músculo blanco, músculo rojo y músculo rosado, cada uno con funciones metabólicas y fisiológicas distintas. El músculo blanco constituye la mayor proporción del tejido muscular en la trucha y está especializado en movimientos rápidos y de corta duración. Este tipo de músculo presenta fibras de gran diámetro, bajo contenido de mitocondrias y escasa vascularización, utilizando principalmente un metabolismo anaerobio

Rome et al. (1988), comenta sobre el músculo rojo, localizado principalmente en la región lateral del cuerpo, está adaptado para la natación sostenida, posee fibras de menor diámetro, alta densidad mitocondrial, abundante mioglobina y un metabolismo aeróbico eficiente.

Weatherley y Gill (1987), menciona que, desde una perspectiva histológica, las fibras musculares de la trucha están formadas por miofibrillas compuestas de filamentos de actina y miosina, cuya interacción permite la contracción muscular. El crecimiento muscular en *Oncorhynchus mykiss* ocurre tanto por hiperplasia (incremento del número de fibras) como por hipertrofia (aumento del tamaño de las fibras), procesos influenciados por factores ambientales como la temperatura, disponibilidad de alimento y calidad del agua.

Burger y Gochfeld (2005), realiza un estudios ambientales y toxicológicos, el tejido muscular de la trucha es ampliamente utilizado como matriz de análisis debido a su relevancia para el consumo humano y su capacidad para acumular contaminantes, como los metales pesados. Diversas investigaciones señalan que elementos como el plomo, cadmio y mercurio pueden bioacumularse en el músculo, representando un riesgo potencial para la salud pública. Por esta razón, el análisis del tejido muscular en truchas es fundamental para la evaluación de la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos y la seguridad alimentaria. En síntesis, el tejido muscular en truchas no solo desempeña un papel clave en la fisiología y ecología de la especie, sino que también constituye un indicador relevante en investigaciones sobre crecimiento, nutrición, contaminación ambiental y riesgo sanitario.

#### **2.3.4 Bioacumulación**

Ali et al. (2022), describe a la bioacumulación que es el proceso mediante el cual los organismos vivos absorben y acumulan sustancias químicas, como metales pesados, en sus tejidos a lo largo del tiempo, cuando la tasa de absorción supera la capacidad de eliminación. Este fenómeno ocurre principalmente a través del agua, los alimentos y el ambiente circundante, generando concentraciones internas superiores a las del medio.

#### **2.3.5 Biomagnificación**

Kumar et al. (2023), manifiesta que la biomagnificación es el incremento progresivo de la concentración de contaminantes a medida que se asciende en los niveles tróficos de la cadena alimentaria. Esto implica que los organismos depredadores presentan mayores concentraciones de sustancias tóxicas que sus presas, debido a la acumulación continua de contaminantes persistentes.

### **2.3.6 Inocuidad alimentaria**

La inocuidad alimentaria se refiere a la garantía de que los alimentos no causarán daño a la salud del consumidor cuando se preparen y consuman de acuerdo con su uso previsto. Este concepto incluye el control de peligros físicos, químicos y biológicos, como la presencia de metales pesados en productos de origen animal (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020; Organización Mundial de la Salud, 2021).

### **2.3.7 Mercurio (Hg)**

World Health Organization (2007), menciona que, el mercurio (Hg) es un metal pesado de alta toxicidad que se presenta en el ambiente en formas elemental, inorgánica y orgánica, siendo el metilmercurio la forma más peligrosa para la salud humana debido a su elevada capacidad de bioacumulación en organismos acuáticos y biomagnificación a lo largo de la cadena alimentaria.

Clarkson y Magos (2006), indica que, en ecosistemas acuáticos, el mercurio puede transformarse microbiológicamente en metilmercurio, el cual se acumula en el tejido muscular de los peces y, al ser consumido por el ser humano, puede causar efectos neurotóxicos severos, afectando el sistema nervioso central y el desarrollo neurológico fetal, especialmente en niños y mujeres gestantes.

### **2.3.8 Plomo (pb)**

Jaishankar et al. (2014), menciona que, el plomo (Pb) es un metal pesado tóxico y no esencial para los organismos vivos, ampliamente distribuido en el ambiente como resultado de actividades mineras, industriales y agrícolas. En los ecosistemas acuáticos, el plomo puede incorporarse al agua y a los sedimentos, siendo posteriormente bioacumulado en los tejidos de los peces, principalmente en hígado, riñón y músculo, lo que representa un riesgo para la salud humana a través del consumo de pescado contaminado.

World Health Organization (2010), desde el punto de vista toxicológico, la exposición crónica al plomo en humanos se asocia con alteraciones neurológicas, daño renal, anemia, trastornos cardiovasculares y afectación del desarrollo cognitivo infantil, debido a su capacidad de interferir con múltiples procesos enzimáticos y fisiológicos

### **2.3.9 Arsénio (As)**

Smedley y Kinniburgh (2002), describe que, el arsénico (As) es un metaloide tóxico presente de forma natural en el ambiente y también liberado por actividades mineras, metalúrgicas y agrícolas. En los ecosistemas acuáticos, el arsénico puede encontrarse en formas orgánicas e inorgánicas, siendo estas últimas las más tóxicas. Dicho elemento puede bioacumularse en organismos acuáticos, incluidos los peces, representando un riesgo para la salud humana cuando se consume pescado contaminado.

World Health Organization (2011), desde el punto de vista sanitario, la exposición crónica al arsénico en humanos está asociada a lesiones cutáneas, trastornos gastrointestinales, daño hepático y renal, alteraciones cardiovasculares y un mayor riesgo de cáncer de piel, pulmón y vejiga, debido a su acción genotóxica y carcinogénica.

### **2.3.10 Cadmio (Cd)**

Alloway (2013), menciona que, el cadmio (Cd) es un metal pesado altamente tóxico y no esencial para los organismos vivos, que se libera al ambiente principalmente por actividades mineras, metalúrgicas, industriales y agrícolas. En los ecosistemas acuáticos, el cadmio puede incorporarse al agua y a los sedimentos, siendo posteriormente bioacumulado en los tejidos de los peces, especialmente en hígado y riñón, representando un riesgo para la salud humana a través del consumo de pescado contaminado.

World Health Organization (2010), desde el punto de vista toxicológico, la exposición crónica al cadmio en humanos está asociada con daño renal, desmineralización ósea, osteoporosis, alteraciones pulmonares y un mayor riesgo de cáncer, debido a su elevada persistencia biológica y capacidad de acumulación en tejidos.

### **2.3.11 Cromo (Cr)**

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2012), describe al cromo (Cr) que es un metal pesado que se encuentra en el ambiente principalmente en dos estados de oxidación: cromo trivalente (Cr III) y cromo hexavalente (Cr VI). Mientras que el cromo trivalente es considerado un micronutriente esencial en pequeñas cantidades, el cromo hexavalente es altamente tóxico y carcinogénico. En los ecosistemas acuáticos, el cromo puede ingresar por descargas industriales, mineras y residuos urbanos, acumulándose en sedimentos y siendo bioacumulado en organismos acuáticos, incluidos los peces.

World Health Organization (2017), desde el punto de vista sanitario, la exposición crónica al cromo hexavalente en humanos se asocia con daño renal y hepático, alteraciones respiratorias, reacciones alérgicas, mutaciones genéticas y un mayor riesgo de cáncer, especialmente de pulmón, debido a su alta capacidad oxidativa y genotóxica.

### **2.3.12 Trucha arcoíris**

Behnke (2002), describe a la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* es una especie de pez óseo de agua dulce perteneciente a la familia Salmonidae, originaria de América del Norte, ampliamente distribuida en ecosistemas lacustres y fluviales de aguas frías y bien oxigenadas. Se caracteriza por su cuerpo fusiforme, coloración plateada con una banda lateral iridiscente y su elevada capacidad de adaptación a ambientes altoandinos, lo que ha permitido su introducción y cultivo en diversos países con fines alimenticios y acuícolas.

### **2.3.13 Laguna**

Wetzel (2001), describe a laguna que, es un cuerpo de agua superficial, generalmente de menor extensión y profundidad que un lago, que puede ser de origen natural o artificial, con aguas dulces, salobres o saladas, y que se caracteriza por presentar una dinámica hidrológica influenciada por las precipitaciones, aportes subterráneos y procesos de evaporación.

Mitsch y Gosselink (2015), señala desde el enfoque hidrológico, las lagunas son ecosistemas acuáticos continentales que cumplen funciones ecológicas fundamentales, como la regulación del ciclo hidrológico, el almacenamiento temporal de agua, el hábitat de diversas especies y la retención de nutrientes y sedimentos, siendo especialmente importantes en regiones altoandinas.

### **2.3.14 Laguna de Orcococha**

Mapcarta (2025), describe a la Laguna de Orcococha es un cuerpo de agua altoandino ubicado en el Departamento de Huancavelica, Perú, dentro de la Provincia de Castrovirreyna, entre los distritos de Santa Ana y Pilpichaca. Su espejo de agua se encuentra a una altitud aproximada de 4 625 metros sobre el nivel del mar, lo que la sitúa en la región de puna altoandina, caracterizada por condiciones climáticas frías y ecosistemas

propios de la cordillera de los Andes.

Mapcarta (2025), menciona que geográficamente, la laguna se localiza aproximadamente en las coordenadas 13°25'47" S de latitud y 74°58'08" O de longitud, dentro de una topografía accidentada dominada por montañas y mesetas altoandinas. Forma parte de una red de cuerpos de agua que contribuyen al abastecimiento hídrico de la cuenca alta del río Pampas y presenta conexión hidrológica con otras lagunas cercanas, como Choclococha, con las que comparte características físico-ambientales.

Turismo Huancavelica (2023), describe que la cuenca de la laguna de Orcococha recibe aportes hídricos principalmente de aguas de deshielo, precipitaciones estacionales y afluentes subterráneos provenientes de las montañas circundantes, lo que permite mantener su nivel durante la estación seca. Este cuerpo de agua se encuentra en un entorno de baja presión atmosférica y condiciones climáticas extremas, propias de los ecosistemas altoandinos de Huancavelica.

### **2.3.15 Santa Ana**

Mapcarta (2025), menciona que el Distrito de Santa Ana es una unidad político-administrativa ubicada en la Provincia de Castrovirreyna, perteneciente al Departamento de Huancavelica, en la zona central de la Región Andina del Perú. Este distrito forma parte de los territorios altoandinos caracterizados por su topografía accidentada y elevaciones considerables. (Wikipedia, 2025). Está situado aproximadamente entre las coordenadas 13°5'17" S de latitud y 75°7'52" O de longitud, con una altitud promedio de 4 663 metros sobre el nivel del mar, lo que le confiere un clima frío típico de las alturas andinas.

Desde el punto de vista administrativo, Santa Ana es uno de los trece distritos que conforman la provincia de Castrovirreyna y está rodeado por otros distritos del mismo ámbito provincial y límites con provincias

aledañas en Huancavelica (Wikipedia, 2025).

## 2.4 Hipótesis general.

### Hipótesis alternativa

**H<sub>1</sub>:** Las concentraciones de metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr) en el tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la laguna Orcococha se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y el Codex Alimentarius, evidenciando condiciones de inocuidad alimentaria y aptitud de la laguna para la actividad acuícola.

**H<sub>0</sub>:** Las concentraciones de metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr) en el tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la laguna Orcococha no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y el Codex Alimentarius, evidenciando condiciones de inocuidad alimentaria y aptitud de la laguna para la actividad acuícola.

## 2.5 Variables.

La presente investigación se centra en el análisis de la concentración de metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr) en el tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), la cual constituye la variable principal de estudio, de naturaleza cuantitativa y continua, expresada en unidades de mg/kg. Esta variable refleja el grado de acumulación de contaminantes en el organismo, producto de procesos de bioacumulación en el ecosistema acuático de la laguna Orcococha.

Para efectos de interpretación, los valores obtenidos serán contrastados con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana vigente y el Codex Alimentarius, los cuales no constituyen variables en sí mismas, sino criterios normativos de referencia que permiten evaluar el cumplimiento de estándares de calidad e inocuidad alimentaria.

En este sentido, la investigación no contempla la manipulación de variables independientes, debido a su carácter no experimental y descriptivo–comparativo, sino que se orienta a la medición y análisis de una sola variable, cuyos resultados son comparados con estándares establecidos. Esta comparación permite determinar si las concentraciones de metales pesados se encuentran dentro de rangos aceptables, lo cual constituye un indicador indirecto de la inocuidad del recurso hidrobiológico y de la aptitud de la laguna para el desarrollo de la actividad acuícola.

Por tanto, el estudio se estructura bajo un enfoque univariable, donde la concentración de metales pesados representa el eje central del análisis, y su evaluación frente a parámetros normativos permite generar inferencias sobre la calidad ambiental del ecosistema y los riesgos potenciales para la salud humana.

**Variable principal**

- Metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr)

**Variable de referencia**

- Límites máximos permisibles según normativa peruana
- Límites permisibles de Codex Alimentarius

## **2.6 Operacionalización de variables.**

**Cuadro 2. Cuadro de operacionalización de variables**

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala (atributo de variable)
<b>Variable principal</b>					
<b>Metales pesados</b>	Los metales pesados son elementos químicos de origen natural o antropogénico que presentan alta densidad atómica y toxicidad significativa incluso a bajas concentraciones. Entre los más estudiados en ambientes acuáticos se encuentran el arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg), cromo (Cr), níquel (Ni), cobre (Cu) y zinc (Zn). Estos metales pueden incorporarse a los ecosistemas acuáticos a través de actividades como la minería, la agricultura, los vertimientos industriales y la erosión natural de los suelos, persistiendo en el agua, los sedimentos y los organismos vivos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercurio (Hg)</li> <li>• Plomo (Pb)</li> <li>• Arsénico As)</li> <li>• Cadmio (Cd)</li> <li>• Cromo (Cr)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de mg/kg en tejido muscular</li> <li>• Concentración dmg/kg en tejido muscular</li> <li>• Concentración dmg/kg en tejido muscular</li> <li>• Concentración dmg/kg en tejido muscular</li> <li>• Concentración dmg/kg en tejido muscular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrometría</li> <li>• Espectrometría</li> <li>• Espectrometría</li> <li>• Espectrometría</li> <li>• Espectrometría</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuantitativa</li> <li>• Cuantitativa</li> <li>• Cuantitativa</li> <li>• Cuantitativa</li> <li>• Cuantitativa</li> </ul>
<b>Variable referencia</b>					
<b>Normativa peruana,</b>	La normativa peruana en materia de inocuidad alimentaria es el conjunto de leyes, reglamentos y disposiciones técnicas emitidas por entidades del Estado, como el Ministerio de Salud del Perú y el Ministerio del Ambiente del Perú, que establecen los requisitos y límites máximos permisibles de contaminantes en alimentos y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Límites máximos permisibles (LMP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor máximo permitido de Mercurio (Hg)</li> <li>• Valor máximo permitido de Plomo (Pb)</li> <li>• Valor máximo permitido de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de registro</li> <li>• Ficha de registro</li> <li>• Ficha de registro</li> <li>•</li> </ul>	

	agua, con el fin de proteger la salud pública y garantizar la calidad de los productos destinados al consumo humano. Estas normas regulan aspectos como contaminantes químicos, higiene, control sanitario y vigilancia de alimentos.		<p>Arsénico As)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor máximo permitido de Cadmio (Cd)</li> <li>• Valor máximo permitido de Cromo (Cr)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de registro</li> <li>• Ficha de registro</li> </ul>	
<b>Codex Alimentarius</b>	El Codex Alimentarius es un conjunto de normas, directrices y códigos de prácticas alimentarias de carácter internacional, elaborados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), cuyo objetivo es proteger la salud de los consumidores y garantizar prácticas justas en el comercio de alimentos. Este sistema normativo establece límites máximos permisibles de contaminantes, incluidos los metales pesados, y sirve como referencia para la elaboración de legislaciones nacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Límites máximos permisibles (LMP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor máximo permitido de Mercurio (Hg)</li> <li>• Valor máximo permitido de Plomo (Pb)</li> <li>• Valor máximo permitido de Arsénico As)</li> <li>• Valor máximo permitido de Cadmio (Cd)</li> <li>• Valor máximo permitido de Cromo (Cr)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de registro</li> <li>• Ficha de registro</li> <li>• Ficha de registro</li> <li>• Ficha de registro</li> <li>• Ficha de registro</li> </ul>	

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Ámbito espacial y temporal**

##### **Ámbito espacial**

**Región:** Huancavelica.

**Provincia:** Casytovireyna.

**Distrito:** Santa Ana, Pilpichaca,

El trabajo de investigación se llevará a cabo en la laguna de Orcoccocha el cual se encuentra entre los Distritos de Santa Ana y Pilpichaca, Provincia de Castrovireyna y Región de Huancavelica, en el cual se encuentra la Laguna de Orcoccocha. Espacialmente, este cuerpo de agua forma parte del sistema de lagunas altoandinas de la cordillera de los Andes, ubicándose dentro de la región natural de la puna, caracterizada por elevadas altitudes, bajas temperaturas y limitada presión atmosférica. (Autoridad Nacional del Agua 2018).

Desde el punto de vista geográfico, la laguna se sitúa aproximadamente entre las coordenadas 13°25'47" de latitud sur y 74°58'08" de longitud oeste, a una altitud cercana a los 4 625 metros sobre el nivel del mar. La topografía circundante es accidentada, dominada por mesetas y elevaciones montañosas, y la laguna integra la cuenca alta del río Pampas, contribuyendo al almacenamiento y regulación de los recursos hídricos altoandinos. (Instituto Geográfico Nacional, 2016).

### **Ámbito temporal**

El tiempo el cual se desarrolla la investigación será durante los meses de abril a agosto del presente año.

## **3.2 Métodos de investigación**

La presente investigación empleara es el método científico de tipo hipotético-deductivo, el cual parte de la formulación de hipótesis relacionadas con la presencia y bioacumulación de metales pesados en la trucha arcoíris, para luego contrastarlas mediante la observación sistemática, la medición objetiva y el análisis estadístico de los datos obtenidos en laboratorio. Este método permite explicar relaciones de causalidad entre variables ambientales y biológicas, siendo ampliamente utilizado en investigaciones explicativas de carácter ambiental y sanitario. (Hernández, Sampieri y Mendoza, 2018).

Asimismo, se aplicará el método analítico, ya que el fenómeno de estudio fue descompuesto en sus elementos constitutivos mercurio, plomo, arsénico, cadmio y cromo con la finalidad de evaluar de manera individual y comparativa la concentración de cada metal pesado en el tejido muscular de la trucha arcoíris. El método analítico facilita la comprensión detallada de los componentes del problema y su interpretación científica. (Bernal, 2010).

El método de investigación del trabajo es el método hipotético deductivo, como manifiesta Hugo Sánchez Carlessi, Metodología y Diseños en la investigación Científica, el cual denomina que parte de una hipótesis plausible como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos de principios y leyes más generales. En el primer caso se arriba a la hipótesis mediante procedimientos inductivos y en el segundo caso mediante procedimiento deductivo. Parte de inferencias lógicos deductivos para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente. Es propio de las investigaciones cuantitativas que ha sido empleado con éxito en las ciencias naturales y factuales y además se aplica en

las ciencias sociales y humanas. La elaboración de inferencias lógicas deductivas se fundamenta en la aceptación de que los objetos, procesos y fenómenos del mundo existen determinando ordenamiento que permite descubrir regularidades, tendencias y leyes, las cuales se adelantan en forma de hipótesis para extraer de ellas conclusiones particulares. Sánchez (2017: p 59).

De manera complementaria, se utilizó el método comparativo, al contrastar los valores obtenidos en laboratorio con los límites máximos permisibles establecidos por el CODEX Alimentarius y la normativa sanitaria peruana, permitiendo evaluar el grado de riesgo para la salud humana asociado al consumo de la trucha contaminada. (FAO/WHO, 2011).

### **3.2.1 Tipo de investigación**

La presente investigación será de tipo aplicada, debido a que está orientada a la obtención de conocimientos científicos con un propósito práctico e inmediato. En ese sentido, el estudio busca determinar la concentración de metales pesados en el tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la laguna Orcococha y evaluar en relación con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y el Codex Alimentarius, para inferir su implicancia en la aptitud de la laguna para la actividad acuícola en distrito de Santa Ana, con la finalidad de generar información útil para la evaluación del riesgo sanitario, la protección de la salud humana y el manejo ambiental de los recursos hidrobiológicos.

La investigación aplicada se caracteriza por emplear fundamentos teóricos y metodológicos existentes para resolver problemas concretos de la realidad, priorizando la utilidad de los resultados en la toma de decisiones y en la formulación de estrategias de control y prevención. Al respecto, Hernández; Sampieri y Mendoza (2018), señalan que este tipo de investigación tiene como finalidad principal la aplicación del

conocimiento científico para intervenir sobre situaciones reales y contribuir a la solución de problemas específicos. Asimismo, Ñaupas et al. (2018), indican que la investigación aplicada permite generar evidencias científicas que apoyan la mejora de procesos, políticas y prácticas en contextos sociales, ambientales y productivos.

La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar, le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal. Sánchez, (2017: p 45). De igual manera Salinas (1993), metodología de la investigación científica define a la investigación aplicada es “La investigación que resuelve un problema de inmediato”. Se basa sobre los descubrimientos, hallazgos y soluciones de la investigación orientada. Se le llama aplicada porque sus resultados se pueden aplicar para las soluciones directas e inmediatas de los problemas que les atañen. Tienen objetivos utilitarios, Ejemplos de este tipo de investigación son las usadas en ciencias tales como la agronomía, la medicina, la ingeniería, mineralogía, galénica, arquitectura, veterinaria, etc.

En concordancia con lo anterior, los resultados del presente estudio podrán servir como base para acciones de vigilancia ambiental, control sanitario y formulación de medidas de mitigación frente a la contaminación por metales pesados en ecosistemas acuáticos altoandinos.

### **3.2.2 Nivel de investigación**

La presente investigación es de nivel explicativo, debido a que no solo se limita a describir la presencia y concentración de metales pesados en el tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la laguna Orcococha y evaluar en relación con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y el Codex Alimentarius, para

inferir su implicancia en la aptitud de la laguna para la actividad acuícola en distrito de Santa Ana, sino que busca analizar y explicar las posibles causas y relaciones que originan dicha contaminación. En este sentido, el estudio pretende identificar cómo los factores ambientales del ecosistema acuático influyen en la bioacumulación de metales pesados en el tejido muscular de la especie evaluada.

Según Hernández, Sampieri y Mendoza (2018), la investigación explicativa tiene como objetivo fundamental determinar las causas de los fenómenos y establecer relaciones de dependencia entre variables, permitiendo comprender por qué ocurre un determinado hecho. De manera similar, Bernal (2016), señala que este nivel de investigación se orienta a explicar el comportamiento de una o más variables a partir de la influencia de otras, proporcionando un mayor grado de profundidad y comprensión del fenómeno estudiado.

Sanches y Reyes (2017), en su libro metodología y diseños en la investigación científica, menciona que la investigación descriptiva va orientada a explicar o identificar las razones causales de la presencia de ciertos acontecimientos el cual requiere explicar hipótesis. (Sanchez, 2017: p 50).

En concordancia con lo anterior, el enfoque explicativo del presente estudio permitirá interpretar los niveles de metales pesados encontrados en las truchas en función de las condiciones ambientales de la laguna de Orcococha, contribuyendo al entendimiento del proceso de contaminación y sus implicancias para la salud pública y el ambiente.

### **3.2.3 Diseño de la investigación**

Se adoptó un diseño no experimental, transversal y explicativo, debido a que las variables de estudio no fueron manipuladas deliberadamente, sino observadas tal como se presentan en su contexto natural, permitiendo analizar las relaciones de causalidad entre la presencia de metales

pesados en el ecosistema acuático y su bioacumulación en el tejido muscular de la trucha arcoíris. En este tipo de diseño, la recolección de datos se realizó en un único momento del tiempo, correspondiente al año 2025, con la finalidad de explicar el fenómeno estudiado. (Hernández, Sampieri y Mendoza, 2018).

El diseño no experimental resulta pertinente en investigaciones ambientales y sanitarias, donde la manipulación de variables no es ética ni viable, y el enfoque transversal permite describir y explicar la situación real del problema en un periodo determinado. (Ato, López y Benavente, 2013).

El diseño de la investigación del trabajo es el un diseño de investigación transversal, como manifiesta Hugo Sánchez Carlessi, Metodología y Diseños en la investigación Científica, que este tipo de investigación es propio de los estudios evolutivos. Consiste en estudiar a los sujetos de diferentes edades en un mismo momento. Sánchez (2017: p 59), cuyo grafico es el siguiente:

$M_1$		$O_1$
$M_2$		$O_2$
	T	
$M_3$		$O_3$
$M_n$		$O_n$

**Donde:**

**M<sub>1</sub>:** Representan la muestra 1

**M<sub>2</sub>:** Representan la muestra 2

**M<sub>3</sub>:** Representan la muestra 3

**M<sub>n</sub>:** Representan la muestra n

**T :** Simultáneamente

**O<sub>1</sub>:** Observaciones o mediciones 1

**O<sub>2</sub>:** Observaciones o mediciones 2

**O<sub>3</sub>:** Observaciones o mediciones 3

**O<sub>n</sub>:** Observaciones o mediciones n

### 3.3 Población, muestra y muestreo

## **Población**

La población estará conformada por todos los ejemplares de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* presentes en la Laguna de Orcococha, ubicada en el distrito de Santa Ana, provincia de Castrovirreyna, durante el periodo de estudio correspondiente al año 2025. La población representa el conjunto total de unidades de análisis que poseen características comunes y sobre las cuales se pretende inferir los resultados de la investigación. (Hernández, Sampieri y Mendoza, 2018).

## **Muestra**

La muestra estará conformada por ejemplares de trucha arcoíris de tamaño comercial, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando criterios de accesibilidad, representatividad y estado sanitario del pez. Este tipo de muestreo es frecuente en estudios ambientales exploratorios y explicativos. (Otzen y Manterola, 2017).

## **Muestreo**

En la presente investigación se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a las limitaciones de acceso a la totalidad de la población de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* presente en la Laguna de Orcococha. Este tipo de muestreo permite seleccionar unidades de análisis disponibles y accesibles, siendo comúnmente utilizado en estudios ambientales y explicativos donde el investigador no puede controlar completamente las condiciones del entorno. (Hernández, Sampieri y Mendoza, 2018).

Asimismo, el muestreo se realizó considerando criterios técnicos de inclusión, tales como ejemplares de tamaño comercial, buen estado sanitario y representatividad del área de estudio, con el fin de garantizar la validez de los resultados obtenidos. El muestreo por conveniencia resulta adecuado cuando se busca obtener información relevante para el análisis de fenómenos ambientales complejos, como la bioacumulación de metales pesados en organismos

acuáticos. (Otzen y Manterola, 2017).

Para el presente proyecto de investigación se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico, muestreo intencional, intencionado o criterio, la selección de muestra por cada tratamiento se realizará mediante el muestreo probabilístico aleatorio simple. Es más, a decir que Sánchez (2017), metodología y diseños en la investigación científica denomina, Es aquel en el cual no se conoce la probabilidad o posibilidad de cada uno de los elementos de una población de poder ser seleccionado en una muestra. Es un tipo de muestro que es usado muy frecuentemente por la finalidad con que se puede obtener una muestra; aun cuando se desconozcan las bases para su ejecución. Entre las muestras no probabilísticas son importantes las siguientes muestras intencionales y las sin normas o circunstanciales. Sánchez (2017, p.161).

### **3.4 Técnica, instrumentos procedimientos para la recolección de datos**

La técnica para la de recolección de datos de la captura de las truchas arco iris es la técnica directa, a través de la observación, Sánchez Carlessi (2017), metodología y diseños en la investigación científica, nomina que son técnicas directas aquellas que requieren una comunicación o relación cara a cara entre el investigador con el sujeto investigado las técnicas son la entrevista y la observación, también puede ser de diferentes formas la observación: natural o espontanea, sistemática delimitados, sin control de condiciones de observaciones. La observación participa en la observación en la que el sujeto investigador es miembro del grupo de estudio. (Sánchez 2017, p 164).

La técnica empleada para la recolección de datos de la cantidad de minerales es del análisis químico instrumental, el cual permitió la determinación cuantitativa de las concentraciones de metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr) presentes en el tejido muscular de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Esta técnica es ampliamente utilizada en estudios ambientales y alimentarios debido a su alta

sensibilidad, precisión y confiabilidad para la detección de contaminantes a bajas concentraciones. (Skoog et al., 2014).

### **Método de la espectrometría por absorción atómica para metales pesados**

#### **a.- Muestreo de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en la laguna Orccococha**

La recolección de muestras biológicas se realizará en la Laguna Orccococha, considerando sus características ecológicas y su uso en actividades acuícolas, particularmente en el cultivo de (*Oncorhynchus mykiss*). El muestreo se llevará a cabo siguiendo protocolos estandarizados, con la finalidad de evitar contaminación externa y garantizar la representatividad de los resultados en función de la distribución espacial de los metales pesados en el ecosistema.

Para el desarrollo del muestreo, el personal técnico se trasladará hacia los puntos de evaluación dentro de la laguna mediante el uso de embarcaciones menores (bote), lo cual permitirá acceder a zonas estratégicas como la entrada, zona media y salida del cuerpo de agua. Esta estrategia garantizará una adecuada cobertura espacial del área de estudio.

Las redes de captura (redes agalleras) serán previamente desinfectadas y serán instaladas la noche anterior al día de recolección, permaneciendo en el agua durante un periodo aproximado de 10 a 12 horas, con la finalidad de permitir la captura efectiva de los ejemplares de trucha arcoíris. Al día siguiente, el personal procederá a la revisión y levantamiento de las redes, recolectando los individuos capturados.

Los ejemplares serán manipulados cuidadosamente utilizando guantes de nitrilo y colocados sobre superficies limpias y acondicionadas. Se registrarán parámetros biométricos como la longitud total (cm), medida con ictiómetro, y el peso (g), determinado mediante una balanza digital calibrada, con el objetivo de caracterizar las muestras y analizar posibles relaciones entre el tamaño del organismo y la bioacumulación de metales pesados.

Posteriormente, se procederá a la disección del espécimen, extrayéndose entre

50 y 100 gramos de tejido muscular dorsal, debido a que esta fracción constituye la parte comestible de mayor relevancia en la evaluación del riesgo para la salud humana. El corte se realizará utilizando instrumentos de acero inoxidable previamente lavados con ácido nítrico (HNO<sub>3</sub> al 10%) y enjuagados con agua desionizada, con el fin de eliminar cualquier posible contaminación externa.

Las muestras serán colocadas en recipientes estériles o bolsas de polietileno de alta densidad, debidamente rotuladas (código, fecha y punto de muestreo), asegurando la trazabilidad de las muestras y evitando la contaminación cruzada durante todo el proceso (Food and Agriculture Organization, 2020).

#### **b. Conservación y transporte de muestras**

Las muestras recolectadas en la Laguna Orcococha serán conservadas bajo condiciones controladas inmediatamente después de su obtención, con el propósito de preservar sus características fisicoquímicas y evitar alteraciones en la concentración de metales pesados.

Las muestras de tejido muscular serán colocadas en recipientes herméticos o bolsas tipo Ziploc, mientras que las muestras de agua serán recolectadas en frascos de polietileno previamente lavados y acondicionados. Todas las muestras serán transportadas en cajas térmicas con acumuladores de frío, manteniendo una temperatura aproximada de 4 °C durante todo el traslado, lo cual constituye la cadena de frío.

El tiempo de transporte no excederá las 24 horas desde el momento de la recolección hasta su ingreso al laboratorio. En caso de que el análisis no se realice inmediatamente, las muestras biológicas serán almacenadas a una temperatura de -20 °C, evitando ciclos repetidos de congelación y descongelación, los cuales podrían afectar la estabilidad de los metales en la matriz biológica (World Health Organization, 2017).

#### **c. Preparación de muestras (digestión)**

##### **Digestión de tejido de trucha**

Las muestras de tejido obtenidas de la Laguna Orccococha serán sometidas a un proceso de digestión ácida con el objetivo de eliminar la materia orgánica y liberar los metales pesados presentes en la matriz biológica.

Inicialmente, las muestras serán descongeladas a temperatura ambiente bajo condiciones controladas y posteriormente homogenizadas utilizando equipos libres de contaminación metálica. Se pesará entre 1,0 y 2,0 gramos de muestra en recipientes de digestión previamente acondicionados mediante lavado ácido. A cada muestra se le adicionará ácido nítrico concentrado ( $\text{HNO}_3$ ) como agente oxidante principal y, de ser necesario, ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ) para optimizar el proceso de digestión.

El proceso se llevará a cabo en un bloque digestor a temperaturas entre 120 y 150 °C o mediante un sistema de digestión por microondas, hasta obtener una solución clara y libre de residuos sólidos. Posteriormente, el digestado será enfriado, filtrado si es necesario y aforado con agua desionizada a un volumen conocido, asegurando condiciones adecuadas para su análisis instrumental (Environmental Protection Agency, 2014).

#### **Digestión de muestras de agua**

Las muestras de agua recolectadas en la Laguna Orccococha serán previamente acidificadas en campo mediante la adición de ácido nítrico concentrado hasta alcanzar un pH inferior a 2, con el propósito de preservar los metales en solución y evitar su adsorción en los recipientes.

En el laboratorio, se realizará la filtración de las muestras cuando se requiera analizar la fracción disuelta, utilizando membranas de 0.45  $\mu\text{m}$ . Posteriormente, se tomará un volumen representativo (50–100 mL), al cual se le adicionará ácido nítrico para su digestión mediante calentamiento controlado. Finalmente, la muestra será aforada con agua desionizada y almacenada en condiciones adecuadas hasta su análisis (American Public Health Association, 2017).

#### **d. Análisis de laboratorio**

### **Técnica analítica**

La determinación de metales pesados en las muestras provenientes de la Laguna Orccococha se realizará mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica (AAS), la cual es ampliamente utilizada en estudios ambientales y de inocuidad alimentaria debido a su alta sensibilidad, selectividad y confiabilidad.

Se analizarán los metales plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg), arsénico (As) y cromo (Cr), considerados contaminantes prioritarios por su toxicidad, persistencia y capacidad de bioacumulación en organismos acuáticos (Codex Alimentarius Commission, 2019).

### **Procedimiento analítico**

El procedimiento analítico se iniciará con la preparación de soluciones estándar certificadas para cada metal, a partir de las cuales se elaborarán curvas de calibración con un coeficiente de determinación ( $R^2 \geq 0.995$ ), garantizando la linealidad del método. Posteriormente, las muestras digeridas serán analizadas en el equipo de espectrometría de absorción atómica bajo condiciones específicas de operación, tales como la longitud de onda característica de cada elemento y el tipo de llama utilizada.

Los resultados serán expresados en mg/kg para muestras de tejido biológico y en mg/L para muestras de agua, conforme a estándares internacionales (International Organization for Standardization, 2018).

### **e. Control de calidad analítico**

Con el fin de garantizar la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos, se implementarán rigurosos procedimientos de control de calidad. Se utilizarán blancos analíticos para identificar posibles contaminaciones, así como muestras duplicadas para evaluar la precisión del método.

Asimismo, se emplearán materiales de referencia certificados (CRM) para verificar la exactitud de los resultados. La recuperación de los analitos deberá encontrarse en un rango aceptable entre 80% y 120%, y las curvas de calibración

deberán presentar un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual o superior a 0.995 (Environmental Protection Agency, 2014).

#### **f. Análisis de datos**

Los datos obtenidos serán procesados mediante estadística descriptiva, incluyendo el cálculo de la media aritmética, desviación estándar, así como valores mínimos y máximos, con el objetivo de resumir la información de manera clara y comprensible.

Posteriormente, los resultados serán comparados con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana vigente y el Codex Alimentarius, con la finalidad de evaluar el grado de cumplimiento de dichos estándares. Finalmente, se interpretarán los resultados en función del riesgo potencial para la salud humana asociado al consumo de *Oncorhynchus mykiss* procedente de la laguna estudiada (World Health Organization, 2017).

### **3.5 Técnica de procesamiento y análisis de datos**

La comparación entre tratamientos será evaluada mediante Análisis de Covarianza con un nivel de significancia del 5%, usando el paquete estadístico de SAS versión 9.4. y Excel.

## **CAPITULO IV**

### **ASPECTO ADMINISTRATIVO**

#### **4.1 Potencial Humano**

Bach. Mauro, GUTIERREZ BENIQUE

Bach. Jhonatan Antoni, ACEVEDO HUAMAN

#### **4.2 Materiales y equipos**

##### **Materiales:**

- Malla y/o red de pesca
- Chaleco salvavidas
- Bolsa ziploc para muestras
- Rotuladores
- Culers
- Hielo gel pack

##### **Equipos:**

- Cámara fotográfica
- Impresora
- Laptop
- Bote
- Análisis de laboratorio.

### 4.3 Cronograma de actividades (2026)

Cronograma de actividades. 1. PLANEAMIENTO	ENERO				FEBREO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
REVISION BIBLIOGRAFICA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ELABORACION DEL PROYECTO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PRESENTACION DEL PROYECTO									X	X	X	X	X	X					X													
ASESORAMIENTO DEL TRABAJO DE INVESTIGACION	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
REVISION DEL PROYECTO									X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
APROBACION DEL PROYECTO													X	X	X																	
2. EJECUCION																																
EJECUCION DEL PROYECTO					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
DELIMITACION DEL AREA DEL ESTUDIO							X	X	X	X	X	X																				
PROCESAMIENTO DE DATOS																					X	X	X	X	X	X	X	X				
ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS																							X	X	X	X	X	X				
3. INFORME																																
ELABORACION DEL INFORME FINAL																							X	X	X	X	X	X	X	X		
PRESENTACION DEL INFORME TECNICO																											X	X	X			
PRESENTACION Y REVISION DE INFORME FINAL																															X	X

## 4.4 Presupuesto

N°	PRESUPUESTO	MEDIDA	CANTIDAD	P.U.	P.T.
	MATERIALES				
1	ALQUILER DE MALLAS Y/O RED DE PESCA	UNIDAD	5	50.00	S/ 250.00
2	BOLSAS DE POLIETILENO (PARA MUESTRAS)	UNIDAD	20	3.00	S/ 60.00
3	CULERS	UNIDAD	1	350.00	S/ 350.00
4	CHALECO SALVAVIDAS	UNIDAD	2	75.00	S/ 150.00
5	HIELO GEL PACK	UNIDAD	6	65.00	S/ 390.00
6	PAPEL	PAQUETE	4	5.00	S/ 20.00
	<b>EQUIPOS</b>				
7	LAPTOP	UNIDAD	2	3000.00	S/ 6,000.00
8	ALQUILER BOTE	UNIDAD	1	200.00	S/ 200.00
9	IMPRESORA	UNIDAD	1	700.00	S/ 700.00
10	CAMARA FOTOGRAFICA	UNIDAD	1	500.00	S/ 500.00
11	<b>GASTOS EN LABORATORIO</b>				
12	ENVIO DE MUESTRAS A LABORATORIO CIUDAD DE LIMA	UNIDAD	1	70.00	S/ 70.00
13	ANALISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO (SEGÚN COTIZACION LABORATORIO ACREDITADO)	MUESTRA	5	531.00	S/ 2,655.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 11,345.00</b>

## **4.5 Financiamiento**

El presente trabajo de investigación será financiado por las dos partes, tanto por la Dirección Regional de la Producción de Huancavelica en un 50 % y el 50 % por los tesistas.

## Referencia bibliográfica

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2012). *Toxicological profile for cadmium*. U.S. Department of Health and Human Services.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2019). *Toxicological profile for mercury*. U.S. Department of Health and Human Services.
- Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2022). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, 2022, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2022/6730305>
- Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2022). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, 2022, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2022/6730305>
- Alloway, B. J. (2013). *Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability* (3rd ed.). Springer.
- Almeida, J. A., Diniz, Y. S., Marques, S. F. G., Faine, L. A., Ribas, B. O., Burneiko, R. C., & Novelli, E. L. B. (2002). *The use of oxidative stress responses as biomarkers in Nile tilapia exposed to in vivo cadmium contamination*. *Environmental International*, 27(8), 673–679.
- Altringham, J. D., & Ellerby, D. J. (1999). *Fish swimming: Patterns in muscle function*. *Journal of Experimental Biology*, 202(23), 3397–3403.
- American Public Health Association. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater*.
- Ato, M., López, J. J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038–1059
- Authman, M. M. N., Zaki, M. S., Khallaf, E. A., & Abbas, H. H. (2015). Use of fish as bio-indicator of the effects of heavy metals pollution. *Journal of*

- Aquaculture Research & Development*, 6(4), 1–13.
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Inventario de lagunas y cuerpos de agua de la región Huancavelica*. ANA.
- Barceloux, D. G. (1999). Chromium. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, 37(2), 173–194. Disponible en <https://doi.org/10.1081/CLT-100102421>
- Bautista Trillo, C. A. (2018). *Evaluación del contenido de metales pesados en carne y tejido óseo de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) producidos en el centro poblado de Paccho Molinos, Paucará-Huancavelica*. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14597/3097>
- Behnke, R. J. (2002). *Trout and salmon of North America*. Free Press.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3.ª ed.). Pearson Educación.
- Bernal, C. A. (2016). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (4.ª ed.). Pearson Educación.
- Burger, J., & Gochfeld, M. (2005). Heavy metals in commercial fish: A review. *Environmental Research*, 99(3), 403–412. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.envres.2005.02.001>
- Burger, J., & Gochfeld, M. (2005). *Heavy metals in commercial fish in New Jersey*. *Environmental Research*, 99(3), 403–412.
- Burger, J., Gaines, K. F., & Boring, C. S. (2018). Metal levels in fish from the Savannah River: Potential hazards to fish and other receptors. *Environmental Research*, 167, 598–607. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.08.016>
- Cambray, J. A. (2003). Impact on indigenous species biodiversity caused by the globalisation of alien recreational freshwater fisheries. *Hydrobiologia*, 500, 217–230.
- Chui, H. N., Roque, B., Huaquisto, E., Sardón, D. L., Belizario, G., & Calatayud, A. P. (2021). *Metales pesados en truchas arcoíris (Oncorhynchus mykiss) de crianza intensiva de la zona noroeste del lago Titicaca*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(3). Disponible en <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20398>

- Clarkson, T. W., & Magos, L. (2006). The toxicology of mercury and its chemical compounds. *Critical Reviews in Toxicology*, 36(8), 609–662. <https://doi.org/10.1080/10408440600845619>
- Codex Alimentarius Commission. (2019). *General standard for contaminants*.
- Codex Alimentarius Commission. (2019). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995)*. Codex Alimentarius. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- Codex Alimentarius Commission. (2019). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995)*. FAO/WHO.
- Codex Alimentarius Commission. (2019). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995)*. Codex Alimentarius. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- Codex Alimentarius Commission. (2023). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995)*. Codex Alimentarius
- Comisión del Codex Alimentarius. (2019). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995)*. FAO/WHO.
- De la Cruz, P.D. (2024). *Metales pesados en agua y truchas de las estaciones pesqueras del río Apacheta, Ayacucho*. *Tayacaja*, 7(1), 53-59. Disponible en <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v7i1.224>
- Environmental Protection Agency. (2014). *Method 3050B*.
- Escobar-Mamani, F., Moreno-Terrazas, E., Siguyro-Mamani, H. y Argota Pérez, G. (2023). *Caracterización fisicoquímica y presencia de metales pesados en la zona de cultivo de trucha del lago Titicaca, Perú*. *SAINS TANAH - Revista de Ciencias del Suelo y Agroclimatología*, 20 (2), 140-149. doi: disponible en <http://dx.doi.org/10.20961/stjssa.v20i2.62357>
- Estrada, GE y Machuca, I. (2021). *Determinación de la concentración de metales pesados en la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) y el riesgo para el consumo humano en la provincia de San Miguel-Cajamarca* [Tesis de

- licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Disponible en <https://hdl.handle.net/11537/28983>
- European Food Safety Authority. (2012). *Cadmium dietary exposure in the European population*. EFSA Journal, 10(1), 2551.
- Fernández, J., López, M., & García, R. (2022). Contaminación por metales pesados en peces de agua dulce en América Latina. *Revista Latinoamericana de Ecología*, 15(2), 45–60.
- Fernández, L., Gómez, M., & Rojas, P. (2022). Contaminación por metales pesados en peces de consumo humano en ecosistemas altoandinos. *Revista Latinoamericana de Ciencias Ambientales*, 12(2), 45–60.
- Fernández, L., Gómez, M., & Rojas, P. (2022). Contaminación por metales pesados en peces de consumo humano en ecosistemas altoandinos de América Latina. *Revista Latinoamericana de Ciencias Ambientales*, 12(2), 45–60.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization. (2014). *Evaluation of certain contaminants in food: Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). *The state of world fisheries and aquaculture 2020*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, & World Health Organization. (2019). *Codex Alimentarius: International food standards*. FAO/WHO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2011). *Evaluation of certain contaminants in food: Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. FAO Press.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2011). *Joint FAO/WHO food standards programme: Codex Alimentarius Commission – Cadmium in foods*. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)*. FAO Fisheries & Aquaculture.
- Food and Agriculture Organization. (2020). *Guidelines for fish sampling and analysis*.
- Heath, A. G. (1995). *Water pollution and fish physiology* (2nd ed.). CRC Press.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education.
- Ichpas Ochoa, L. (2024). Evaluación de la presencia de metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la piscigranja de Sacsamarca-Huancavelica, 2023. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14597/8537>
- Instituto del Mar del Perú. (2009). *La acuicultura continental en el Perú*. IMARPE.
- Instituto Geográfico Nacional. (2016). *Carta nacional del Perú: Departamento de Huancavelica*. IGN.
- International Organization for Standardization. (2018). *Water quality standards*.
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60–72. <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>
- Jeziarska, B., & Witeska, M. (2006). *Metal toxicity to fish*. University of Podlasie.
- Jeziarska, B., & Witeska, M. (2006). *The metal uptake and accumulation in fish living in polluted waters*. *Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation*, 107–114.
- Johnston, I. A. (2001). *Genetic and environmental determinants of muscle growth patterns in fish*. *Journal of Experimental Biology*, 204(10), 1861–1872.

- Johnston, I. A., Manthri, S., Alderson, R., Smart, A., Campbell, P., Nickell, D., Robertson, B., & Paxton, C. G. M. (2004). *Muscle fibre density in relation to the colour and texture of smoked Atlantic salmon (Salmo salar L.)*. *Journal of Fish Biology*, 65(5), 1287–1303. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00520.x>
- Kumar, V., Sharma, A., & Singh, J. (2023). Bioaccumulation of heavy metals in freshwater fish species and associated health risks. *Environmental Research*, 216, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114125>
- Kumar, V., Sharma, A., & Singh, J. (2023). Heavy metal contamination in freshwater fish: A global review on sources, toxicity, and human health risks. *Science of the Total Environment*, 857, 159–175. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159175>
- Kumar, V., Sharma, A., & Singh, J. (2023). Heavy metal contamination in freshwater fish: A global review on sources, toxicity, and human health risks. *Science of the Total Environment*, 857, 159–175. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159175>
- Łuczyńska, J., Paszczyk, B., & Borejszo, Z. (2018). *Mercury, cadmium and lead content in freshwater fish from Polish lakes*. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 53(6), 387–395. Disponible en <https://doi.org/10.1080/03601234.2018.1432617>
- Mapcarta. (2025). *Distrito de Santa Ana District, Huancavelica, Peru — Location and map*. Recuperado de <https://mapcarta.com/29045744> Mapcarta
- McGeer, J. C., Brix, K. V., Skeaff, J. M., DeForest, D. K., Brigham, S. I., Adams, W. J., & Green, A. (2011). *Inverse relationship between bioconcentration factor and exposure concentration for metals*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 22(5), 1017–1037.
- Ministerio de la Producción del Perú (PRODUCE). (2022). *Anuario estadístico pesquero y acuícola*. Ministerio de la Producción del Perú. <https://www.gob.pe/produce>
- Ministerio de la Producción del Perú (PRODUCE). (2022). *Anuario estadístico*

- pesquero y acuícola*. Ministerio de la Producción del Perú.  
<https://www.gob.pe/produce>
- Ministerio de la Producción. (2018). *Anuario estadístico pesquero y acuícola*. PRODUCE.
- Ministerio de Salud del Perú (MINSa). (2021). *Norma sanitaria para la inocuidad de alimentos*. Ministerio de Salud del Perú. <https://www.gob.pe/minsa>
- Ministerio de Salud del Perú (MINSa). (2021). *Norma sanitaria para la inocuidad de alimentos*. Ministerio de Salud del Perú. <https://www.gob.pe/minsa>
- Ministerio de Salud del Perú (MINSa). (2022). Normativa sanitaria de alimentos. Ministerio de Salud del Perú
- Ministerio de Salud. (2010). *Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano* (D.S. N.º 007-98-SA y modificatorias). MINSa.
- Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM). (2020). *Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*. Ministerio del Ambiente del Perú.  
<https://www.gob.pe/minam>
- Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM). (2020). *Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*. Ministerio del Ambiente del Perú.  
<https://www.gob.pe/minam>
- Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM). (2023). Estándares de calidad ambiental para agua. Ministerio del Ambiente del Perú
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM: Estándares de Calidad Ambiental para Agua*. MINAM.
- Mirzajani, A., Naji, A., & Ghorbani, R. (2019). *Accumulation and human health risk assessment of heavy metals in cultured rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) from different fish farms in Iran*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 82, 103236. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103236>
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands* (5th ed.). John Wiley & Sons.

- Murga, A., & González, B. (2020). *Evaluación de metales pesados en ríos y truchas *Oncorhynchus mykiss* de la región Pasco, Perú* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Disponible en <https://doi.org/10.46380/rias.v3i2.93>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2018). *Metodología de la investigación científica y asesoramiento de tesis* (5.ª ed.). Ediciones de la U.
- Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. H. (2016). *Fishes of the world* (5th ed.). Wiley.
- Newman, M. C. (2015). *Fundamentals of ecotoxicology: The science of pollution* (4th ed.). CRC Press.
- Nordberg, G. F., Fowler, B. A., Nordberg, M., & Friberg, L. T. (2015). *Handbook on the toxicology of metals* (4th ed.). Academic Press.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *The state of world fisheries and aquaculture 2020*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, & Organización Mundial de la Salud. (FAO/OMS). (2019). *Codex Alimentarius: Food safety standards*. FAO/WHO.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). *Evaluation of certain food additives and contaminants*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). *Evaluation of certain food additives and contaminants*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). *Guidelines for assessing food safety*. Organización Mundial de la Salud
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Evaluation of certain contaminants in food: Eighty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. WHO Press.
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). *Técnicas de muestreo sobre una población a*

- estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232.
- Palacios-Lozano, A. A., Canales-Martínez, C. A., & Nureña-Flores, M. A. (2025). *Determination of arsenic, cadmium, mercury and lead in *Oncorhynchus mykiss* from fish farms in Junin-Peru, 2021*. Disponible en <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/31060>
- Peñaloza, R., Custodio, M., Cacciuttolo, C., Chanamé, F., Cano, D. y Solorzano, F. (2023). *Evaluación de riesgos para la salud humana por exposición a metales pesados a través de la ingesta dietética de trucha arcoíris en el área de influencia de una fundición ubicada en Perú*. *Toxics*, 11 (9), 764. Disponible en <https://doi.org/10.3390/toxics11090764>
- Piper, R. G., McElwain, I. B., Orme, L. E., McCraren, J. P., Fowler, L. G., & Leonard, J. R. (1982). *Fish hatchery management*. U.S. Fish and Wildlife Service.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2021). *Global environment outlook (GEO-6)*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://www.unep.org>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2021). *Global environment outlook (GEO-6)*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://www.unep.org>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2013). *Global mercury assessment 2013: Sources, emissions, releases and environmental transport*. UNEP.
- Rahman, M. A., Hasegawa, H., Lim, R. P., & Rahman, M. M. (2014). Arsenic accumulation in aquatic organisms: A review. *Environmental International*, 65, 95–107. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.01.012>
- Rahman, M. A., Hasegawa, H., Rahman, M. M., Rahman, M. A., & Miah, M. A. (2012). *Accumulation of arsenic in tissues of fish species from arsenic*

- contaminated water*. *Science of the Total Environment*, 427–428, 418–424.
- Ramos, E., Quispe, L., & Torres, J. (2021). Evaluación de metales pesados en peces de consumo humano en la región andina. *Revista Peruana de Biología*, 28(3), 123–135.
- Ramos, E., Quispe, L., & Torres, J. (2021). Evaluación de metales pesados en peces de consumo humano en la región andina del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 28(3), 123–135.
- Ramos, P., Quispe, L., & Torres, D. (2021). Evaluación de metales pesados en peces de consumo humano en la región andina. *Revista Peruana de Biología*, 28(3), 233–241.
- Rome, L. C., Funke, R. P., & Alexander, R. M. (1988). *The influence of muscle structure on the swimming performance of fish*. *Science*, 241(4863), 403–405. Disponible en <https://doi.org/10.1126/science.241.4863.403>
- Salinas, P. J. (1993) Metodología de la investigación científica. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.
- Sanchez, H; C Reyes. (2017) *Metodología y diseños en la investigación científica*. Lima – Perú, Editorial Business Support Aneth.
- SANIPES, Perú. Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. (2018). *Norma sanitaria para la inocuidad de los productos pesqueros y acuícolas*.
- Servicio Nacional de Sanidad Pesquera. (2016). *Norma sanitaria de los límites máximos de contaminantes en alimentos hidrobiológicos*. SANIPES.
- Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., & Avudainayagam, S. (2005). *Chromium toxicity in plants*. *Environment International*, 31(5), 739–753.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Principios de análisis instrumental* (6.a ed.). Cengage Learning.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Principios de análisis instrumental* (6.ª ed.). Cengage Learning.
- Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17(5), 517–

568. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00018-5)
- Turismo Huancavelica. (2023). *Lagunas altoandinas de la región Huancavelica*. <https://www.turismohuancavelica.com>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2018). *Aquatic life ambient water quality criteria for lead*. EPA.
- Varol, M., & Sünbül, M. R. (2017). *Heavy metal concentrations and health risk assessment of fish species from Karakaya Dam Lake (Turkey)*. *Environmental Research*, 156, 70–78. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.021>
- Velma, V., & Tchounwou, P. B. (2010). *Chromium-induced biochemical, genotoxic and histopathologic effects in liver and kidney of goldfish*. *Mutation Research*, 698(1–2), 43–51.
- Weatherley, A. H., & Gill, H. S. (1987). *The biology of fish growth*. Academic Press.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems* (3rd ed.). Academic Press.
- Wikipedia. (2025). *Distrito de Santa Ana (Castrovirreyña)*. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito\\_de\\_Santa\\_Ana\\_%28Castrovirreyña%29](https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Santa_Ana_%28Castrovirreyña%29)
- World Health Organization. (2007). *Evaluation of certain food additives and contaminants: Sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. WHO Press.
- World Health Organization. (2007). *Evaluation of certain food additives and contaminants: Sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*.
- World Health Organization. (2008). *Guidelines for drinking-water quality: Chromium*. WHO Press.
- World Health Organization. (2010). *Childhood lead poisoning*. WHO Press.
- World Health Organization. (2010). *Exposure to cadmium: A major public health concern*. WHO Press.
- World Health Organization. (2011). *Arsenic in drinking-water*. WHO Press.

- World Health Organization. (2011). *Arsenic in drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. WHO Press.
- World Health Organization. (2017). *Evaluation of certain food additives and contaminants*.
- World Health Organization. (2019). *Chromium in drinking-water: Background document for development of WHO guidelines*. WHO.
- World Health Organization. (2019). *Lead poisoning and health*. WHO.
- Wurm, A., & Aguirre, H. (1963). *La trucha en el Perú*. Ministerio de Agricultura.
- Yilmaz, F., Özdemir, N., & Demirak, A. (2017). *Heavy metal levels in tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from Keban Dam Reservoir, Turkey*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(8), 1–9. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6105-3>

## **Anexos**

## Matriz de consistencia

### Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la laguna, Orccococha y su comparación con la normativa peruana, Codex Alimentarius

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODO										
<p>Problema general:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es la concentración de metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr) en el tejido muscular de la trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en la laguna Orccococha, y en qué medida estos valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y el Codex Alimentarius, para su implicancia en la aptitud de la laguna para la actividad acuícola?</li> </ul> <p>Problema específico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es la concentración de Hg, Pb, As, Cd y Cr en el tejido muscular de la trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en la laguna Orccococha, distrito de Santa Ana – 2025?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la concentración de metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr) en el tejido muscular de la trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en la laguna Orccococha, y evaluarla en relación con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y el Codex Alimentarius, para inferir su implicancia en la aptitud de la laguna para la actividad acuícola.</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cuantificar la concentración de mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y cromo (Cr) en el tejido muscular de la trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) de la laguna Orccococha, distrito de Santa Ana – 2025.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis alternativa</b></p> <p><b>H<sub>1</sub>:</b> Las concentraciones de metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr) en el tejido muscular de la trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) de la laguna Orccococha se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y el Codex Alimentarius, evidenciando condiciones de inocuidad alimentaria y aptitud de la laguna para la actividad acuícola.</p> <p><b>H<sub>0</sub>:</b> Las concentraciones de metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr) en el tejido muscular de la trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) de la laguna Orccococha</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Variable principal</b></li> <li>Metales pesados (Hg, Pb, As, Cd y Cr)</li> <li><b>Variable referenciales</b></li> <li>Límites máximos permisibles según normativa peruana</li> <li>Limites permisible de Codex Alimentarius</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada.</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Explicativo.</p> <p><b>Métodos de investigación:</b> científico de tipo hipotético-deductivo</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> no experimental, transversal y explicativo:</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>M<sub>1</sub></td> <td>O<sub>1</sub></td> </tr> <tr> <td>M<sub>2</sub></td> <td>O<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">T</td> </tr> <tr> <td>M<sub>3</sub></td> <td>O<sub>3</sub></td> </tr> <tr> <td>M<sub>n</sub></td> <td>O<sub>n</sub></td> </tr> </table> <p><b>Donde:</b></p> <p><b>M<sub>1</sub>:</b> Representan la muestra 1</p> <p><b>M<sub>2</sub>:</b> Representan la muestra 2</p> <p><b>M<sub>3</sub>:</b> Representan la muestra 3</p> <p><b>M<sub>n</sub>:</b> Representan la muestra n</p> <p><b>T :</b> Simultáneamente</p> <p><b>O<sub>1</sub>:</b> Observaciones o mediciones 1</p>	M <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	T		M <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	M <sub>n</sub>	O <sub>n</sub>
M <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>													
M <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>													
T														
M <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>													
M <sub>n</sub>	O <sub>n</sub>													

<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr superan los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana?</li> <li>• ¿Las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr superan los límites máximos permisibles establecidos por el Codex Alimentarius?</li> <li>• ¿Las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr evidencian condiciones de inocuidad que permitan inferir la aptitud del recurso para el consumo humano y su implicancia en la reactivación de la actividad acuícola?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparar las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana vigente.</li> <li>• Comparar las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr con los límites máximos permisibles establecidos por el Codex Alimentarius.</li> <li>• Evaluar si las concentraciones de Hg, Pb, As, Cd y Cr evidencian condiciones de inocuidad alimentaria que permitan inferir la aptitud del recurso para el consumo humano y su implicancia en la actividad acuícola.</li> </ul>	<p>no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y el Codex Alimentarius, evidenciando condiciones de inocuidad alimentaria y aptitud de la laguna para la actividad acuícola.</p>		<p><b>O<sub>2</sub>:</b> Observaciones o mediciones 2  <b>O<sub>3</sub>:</b> Observaciones o mediciones 3  <b>O<sub>n</sub>:</b> Observaciones o mediciones n  <b>Muestreo:</b> no probabilístico por conveniencia  <b>Técnicas de recolección de datos:</b> La técnica es Directa a través de la Observación, análisis químico instrumental  Instrumento de  <b>Técnicas de procesamiento de datos:</b> Excel, SAS.</p>
---	--	---	--	--





## ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

**PROVEIDO 000263-2026-UNH/EPZ**

EXPEDIENTE : **EPZ00020260000183**

FECHA

**28/04/2026**

ASUNTO: DEVOLUCIÓN DE DOCUMENTO PARA SU CORRECCION DE LA APROBACIÓN VÍA ACTO RESOLUTIVO LA DESIGNACIÓN DE ASESOR Y COASESOR, EN SU ASUNTO ESTA CONSIDERADO CO ASESOR Y NO MENCIONA EL NOMBRE, ASIMISMO EL INFORME DEBERIA ESTAR FIRMADO POR EL ASESOR ...NO POR EL DOCENTE DE DAZ.

**Atender en 0 días**

REFERENCIA : PROVEIDO N° 000625-2026-FCI DEVOLUCION DE DOCUMENTO PARA SU CORRECCION DE LA APROBACIÓN VÍA ACTO RESOLUTIVO LA DESIGNACIÓN DE ASESOR Y COASESOR, EN SU ASUNTO ESTA CONSIDERADO CO ASESOR Y NO MENCIONA EL NOMBRE, ASIMISMO EL INFORME DEBERIA ESTAR FIRMADO POR EL ASESOR ...NO POR EL DOCENTE DE DAZ.

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE ZOOTECNIA JURADO ESCOBAR MELANIO	ATENDER	NORMAL	INFORMAR COMO ASESOR DE PROYECTO DE TESIS MAS NO COMO DOCENTE

**MAYHUA MENDOZA PAUL HERBER**  
**DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL**



## FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

**PROVEIDO 000625-2026-UNH/FCI**

EXPEDIENTE : **EPZ00020260000183**

ASUNTO: DEVOLUCION DE DOCUMENTO PARA SU CORRECCION DE LA APROBACIÓN VÍA ACTO RESOLUTIVO LA DESIGNACIÓN DE ASESOR Y COASESOR, EN SU ASUNTO ESTA CONSIDERADO CO ASESOR Y NO MENCIONA EL NOMBRE, ASIMISMO EL INFORME DEBERIA ESTAR FIRMADO POR EL ASESOR ...NO POR EL DOCENTE DE DAZ.

REFERENCIA : OFICIO N° 000246-2026-EPZ

SOLICITO APROBACIÓN VÍA ACTO RESOLUTIVO LA DESIGNACIÓN DE ASESOR Y COASESOR PARA LA APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS MAURO GUTIERREZ BENIQUE y JHONATAN ANTONI ACEVEDO HUAMAN

FECHA

**15/04/2026**

**Atender en 0 días**

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA MAYHUA MENDOZA PAUL HERBER	ATENDER	NORMAL	

**SANCHEZ ARAUJO VICTOR GUILLERMO**  
**DECANO(A)**



**SOLICITO: DESIGNACION DE ASESOR Y REVISIÓN DE PERFIL DE PROYECTO DE TESIS**

**SEÑOR DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA.**

**S.D.**

Yo GUTIERREZ BENIQUE, Mauro, identificado con DNI N° 22290027, con domicilio legal Av. Universitaria S/N, Barrio San Cristobal, distrito de Huancavelica, ACEVEDO HUAMAN, Jhonatan Antoni, identificado con DNI N° 71064298, con domicilio legal Pg. Francisco de Angulo S/N Barrio de Santa Ana, ante Ud. Con el debido respeto me presento y exponemos:

Que, teniendo la necesidad de obtener mi título profesional, solicitamos la designación de asesor sugiriendo al docente **Mg. Melanio, JURADO ESCOBAR**, para su respectiva revisión del perfil de proyecto de tesis denominado **“Metales pesados en truchas arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en la laguna, Orccococha y su comparación con la normativa peruana, Codex Alimentarius”**

”


Le ruego a Ud. Señor director, ordenar a quien corresponda para que se me expida mi petición.

**POR LO EXPUESTO.**

A Ud. Señor director, sírvase a acceder a mi solicitud, por considerar de justicia que espero a alcanzar.

Huancavelica 01 de abril del 2026.

  
.....  
GUTIERREZ BENIQUE, Mauro  
DNI: 22290027

  
.....  
ACEVEDO HUAMAN, Jhonatan Antoni  
DNI: 71064298