



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES
AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA
SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025**

TESIS PRESENTADO POR:

Bach. SONIA ADUVIRI CUSACANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES
AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA
SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025**

TESIS PRESENTADO POR:

Bach. SONIA ADUVIRI CUSACANI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

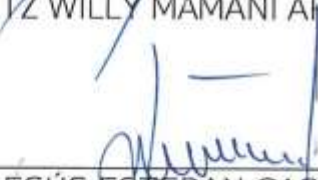
PRESIDENTE

: 
Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

: 
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1451-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 04 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 10631 presentado por el (la) Bachiller: **SONIA AUVIRI CUSACANI** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **SONIA ADUVIRI CUSACANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la NOMINACIÓN DE JURADOS integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
 * **1er Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
 * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN.**

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de él (la) bachiller: **SONIA ADUVIRI CUSACANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 12 de noviembre del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Registrese, Comuníquese, Archive.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA MÉXICO CARRERAS VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIANI MONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSITAS PADJARAN "PENERBITAN BELAKANG"
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA

Dr. Fritz Wally Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc,
Archivio

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 935-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 6481 por el señor (a): **SONIA ADUVIRI CUSACANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 731- 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 040- 2025 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **SONIA ADUVIRI CUSACANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación MSc. Jesus Esteban Castillo Machaca de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 040- 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **SONIA ADUVIRI CUSACANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C.S. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C.S. PURASDr. Freddy Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 597-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 4202, presentado por el señor (a) SONIA ADUVIRI CUSACANI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 433 -2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 032 -2025 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): SONIA ADUVIRI CUSACANI ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación MSc. Jesus Esteban Castillo Machaca de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 032 -2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): SONIA ADUVIRI CUSACANI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulada: **IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

cc:
Archivo 2025
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. FRAZ VILLY MAMANI APAZA
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

13%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.upsc.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

2%

4

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Nacional de
Cajamarca

Trabajo del estudiante

1%

7

repositorio.ucss.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

cybertesis.unmsm.edu.pe



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	SONIA ADUVIRI CUSACANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77351528
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-2076-8059
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



Datos de investigación	
Línea de investigación	Saneamiento Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Lampa Coordenadas: Latitud: 15°24'27"S Longitud: 70°07'37"O URL Maps: https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1jIDA2sowuvhGlcS4-1BQ9g-yXiETEk&usp=sharing 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2025 - Noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08



UNIVERSIDAD ANDINA "MISERICORDIA VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS
Dr. César G. Camargo Najor
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo SONIA ADUVIRI CUSACANI, identificado con DNI
Nro. 77351528, en mi condición de egresado de:

☒ Escuela Profesional

☐ Programa de Segunda Especialidad,

☐ Programa de Maestría o Doctorado

"INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL"

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

" IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD
DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

Es un tema original.

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

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

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

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 02 de DICIEMBRE del 2025


Firma del Asesor



Firma del Estudiante



Huella



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres por ser un gran apoyo incondicional e impulsarme a lograr mis objetivos, como también agradezco a mis hermanos por la confianza, aliento y motivación durante mi etapa de estudio.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

A quienes me brindaron su apoyo infinito, sabiendo que sin ellos este camino habría sido imposible.



AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por darme la vida y guiarme por el buen camino para que pueda lograr progresivamente mis objetivos y convertirme en una persona decente.

A mis padres, cuyo amor inquebrantable e inspiración constante me permitieron culminar esta tarea.

Quiero agradecer a la Universidad Andina Nügeor Cáceres Velásquez por brindarme la oportunidad de realizar esta investigación y, por lo tanto, lograr mi objetivo

Agradezco al profesorado de la Facultad de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad Andina Nügeor Cáceres Velásquez por enseñarme y compartir su experiencia conmigo a lo largo de mi carrera.

A mi asesor, quien me ayudó y me aconsejó durante mi trabajo de tesis.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4.1. Justificación Practica	4
1.4.2. Justificación social	5
1.4.3. Justificación ambiental.....	6
1.4.4. Justificación Económica	6
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.6. VARIABLES.....	7



1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	8
--	---

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	15
2.1.3. Antecedentes regionales	21
2.2. BASES TEÓRICAS	26
2.2.1. Agua superficial	26
2.2.2. Fuentes de contaminación.....	27
2.2.3. Contaminaciones medioambientales en aguas superficiales	28
2.2.4. Contaminación agrícola	29
2.2.5. Principales contaminantes agrícolas	30
2.2.6. Procesos de transporte y destino de contaminantes en el agua .	32
2.2.7. Efectos de la contaminación agrícola sobre la calidad del agua y los ecosistemas	34
2.2.8. Factores medioambientales que controlan la composición de las aguas naturales	36
2.2.9. Uso de la tierra y su relación con la calidad de agua.....	38
2.2.10. La agricultura y su influencia en la calidad del agua.....	39
2.2.11. Parámetros de calidad del agua	40
2.2.12. Actividades agrícolas y su relación con la calidad del agua	45
2.2.13. Tipos de cultivo predominantes en el altiplano	46
2.2.14. Uso de agroquímicos en la agricultura altoandina y su efecto en el agua	47



2.2.15. Prácticas agrícolas sostenibles para la protección del recurso hídrico	49
2.3. MARCO CONCEPTUAL	50
2.3.1. Contaminación agrícola	50
2.3.2. Actividades agrícolas	50
2.3.3. Agroquímicos	51
2.3.4. Calidad del agua superficial	51
2.3.5. Eutrofización	51
2.3.6. Parámetros fisicoquímicos	51
2.3.7. Parámetros microbiológicos	52
2.3.8. Contaminación difusa agrícola	52
2.3.9. Gestión sostenible del recurso hídrico	52
2.3.10. Impacto ambiental	52
2.3.11. Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua	53

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	54
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	54
3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	55
3.4. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	55
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	56
3.5.1. Población	56
3.5.2. Muestra	56
3.6. Materiales y equipos	57
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	59



3.7.1. Técnicas.....	59
3.7.2. Instrumentos	60
3.8. LUGAR DE ESTUDIO	61
3.9. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	63
3.9.1. Procedimiento para el objetivo específico 1: Identificar las principales actividades agrícolas y los contaminantes asociados en la cuenca del río Palca.	63
3.9.2. Procedimiento para el objetivo específico 2: Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en diferentes puntos del río Palca.	68
3.9.3. Procedimiento para el objetivo específico 3: Analizar la relación entre las actividades agrícolas y los niveles de contaminación determinados en las fuentes de agua superficial, estableciendo el grado de impacto sobre la calidad del recurso hídrico.	71

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	73
4.1.1. Identificar las principales actividades agrícolas y los contaminantes asociados en la cuenca del río Palca.....	73
4.1.2. Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en diferentes puntos del río Palca.....	84
4.1.3. Analizar la relación entre las actividades agrícolas y los niveles de contaminación determinados en las fuentes de agua superficial, estableciendo el grado de impacto sobre la calidad del recurso hídrico	104
4.2. DISCUSIONES	109



CONCLUSIONES.....	113
RECOMENDACIONES	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS	126



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables de la presente investigación.	8
Tabla 2 Principales contaminantes agrícolas y sus efectos en la calidad del agua.	31
Tabla 3 Efectos de la contaminación agrícola sobre la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.	36
Tabla 4 Relación entre actividades agrícolas y la calidad del agua superficial.	46
Tabla 5 Cultivos predominantes en el altiplano y su influencia en la calidad del agua.	47
Tabla 6 Uso de agroquímicos en la agricultura altoandina y sus efectos sobre la calidad del agua.	48
Tabla 7 Prácticas agrícolas sostenibles y su contribución a la protección del recurso hídrico.	49
Tabla 8 Coordenadas del lugar de estudio del río Palca – Lampa.	62
Tabla 9 Resultados del checklist de observación de campo – Zona alta del río Palca.	74
Tabla 10 Resultados del checklist de observación de campo – Zona media del río Palca.	76
Tabla 11 Resultados del checklist de observación de campo – Zona baja del río Palca.	77
Tabla 12 Resultados comparativos del checklist de observación de campo en las zonas alta, media y baja del río Palca – Lampa.	79
Tabla 13 Resultados de las entrevistas semiestructuradas a agricultores de las zonas alta, media y baja del río Palca – Lampa.	81
Tabla 14 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial del río Palca – muestreo del 5 de octubre de 2025.	85



Tabla 15	Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial del río Palca – muestreo del 8 de octubre de 2025.	87
Tabla 16	Promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial del río Palca – monitoreados el 5 y 8 de octubre de 2025..	89
Tabla 17	Comparación promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Palca con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 4, Subcategoría E2: “Ríos”.	91
Tabla 18	Comparación promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Palca con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 4, Subcategoría E2: “Ríos” (Zona media – M-2).	93
Tabla 19	Comparación promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Palca con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 4, Subcategoría E2: “Ríos” (Zona baja – M-3).	95
Tabla 20	Relación entre las prácticas agrícolas y los parámetros de calidad del agua en la zona alta del río Palca.....	105
Tabla 21	Relación entre las prácticas agrícolas y los parámetros de calidad del agua en la zona media del río Palca.....	106
Tabla 22	Relación entre las prácticas agrícolas y los parámetros de calidad del agua en la zona baja del río Palca.....	107
Tabla 23	Relación general entre las actividades agrícolas y el nivel de contaminación del agua en el río Palca – Lampa.....	108



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización geográfica del lugar de estudio P-01 en el río Palca – Lampa.	63
Figura 2 Reconocimiento de campo en la zona alta del río Palca – Lampa.	65
Figura 3 Modelo del Checklist de observación de campo aplicado en la cuenca del río Palca – Lampa.	66
Figura 4 Modelo del Guía de entrevista semiestructurada aplicada a agricultores de la cuenca del río Palca – Lampa.	67
Figura 5 Recojo de muestra de agua superficial del río Palca – Lampa (05 de octubre de 2025).	69
Figura 6 Comparación del promedio de conductividad eléctrica con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.	97
Figura 7 Comparación del promedio del potencial de hidrógeno (pH) con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.	98
Figura 8 Comparación del promedio del oxígeno disuelto con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.	99
Figura 9 Comparación del promedio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.	100
Figura 10 Comparación del promedio de los Nitratos con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.	102
Figura 11 Comparación del promedio de los coliformes termotolerantes con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.	103



RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general evaluar el impacto de la contaminación generada por las actividades agrícolas en la calidad de las fuentes de agua superficial del río Palca, en el distrito de Lampa, 2025. La metodología aplicada fue de enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, descriptivo–explicativo y transversal, desarrollándose en tres zonas de estudio: alta, media y baja del río Palca. El procedimiento incluyó la observación directa en campo, entrevistas semiestructuradas a agricultores, recolección y análisis de muestras de agua en el laboratorio LAQUAMEQ E.I.R.L., determinándose parámetros fisicoquímicos (pH, OD, DBO₅, DQO, conductividad, nitratos y fosfatos) y microbiológicos (coliformes fecales). Los resultados evidenciaron que las actividades agrícolas varían en intensidad, siendo más tradicionales en la zona alta y más intensivas en la baja; asimismo, se determinó que los valores de la conductividad eléctrica osciló entre 427.15 y 699.55 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el pH entre 7.25 y 7.55, el oxígeno disuelto aumentó de 2.95 a 5.2 mg/L, la DBO₅ disminuyó de 21.95 a 6.6 mg/L, y los nitratos variaron entre 2.35 y 0.95 mg/L, mientras que los coliformes fecales descendieron de 1950 a 66.5 NMP/100 mL, evidenciando un gradiente de autodepuración natural del río; asimismo, se estableció una relación directa entre la intensificación agrícola y el incremento de la contaminación difusa. Se concluye que la agricultura sin manejo técnico adecuado genera impactos negativos sobre la calidad del agua, siendo la zona baja la más afectada por el uso intensivo de agroquímicos y estiércol.

Palabras clave: contaminación agrícola, calidad del agua, río Palca, parámetros fisicoquímicos, coliformes fecales.



ABSTRACT

The general objective of this research was to evaluate the impact of pollution generated by agricultural activities on the quality of surface water sources in the Palca River, in the district of Lampa, 2025. The methodology employed was quantitative, with a non-experimental, descriptive-explanatory, and cross-sectional design, conducted in three study areas: the upper, middle, and lower reaches of the Palca River. The procedure included direct field observation, semi-structured interviews with farmers, and the collection and analysis of water samples at the LAQUAMEQ E.I.R.L. laboratory, determining physicochemical parameters (pH, dissolved oxygen, BOD₅, COD, conductivity, nitrates, and phosphates) and microbiological parameters (fecal coliforms). The results showed that agricultural activities vary in intensity, being more traditional in the upper reaches and more intensive in the lower reaches. Furthermore, it was determined that electrical conductivity values ranged from 427.15 to 699.55 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH from 7.25 to 7.55, dissolved oxygen increased from 2.95 to 5.2 mg/L, BOD₅ decreased from 21.95 to 6.6 mg/L, and nitrates varied from 2.35 to 0.95 mg/L, while fecal coliforms decreased from 1950 to 66.5 MPN/100 mL, demonstrating a natural self-purification gradient in the river; likewise, a direct relationship was established between agricultural intensification and the increase in diffuse pollution. It is concluded that agriculture without adequate technical management generates negative impacts on water quality, with the lower zone being the most affected by the intensive use of agrochemicals and manure.

Keywords: agricultural pollution, water quality, Palca River, physicochemical parameters, fecal coliforms.



INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural vital para la vida y el progreso de las actividades humanas; es necesaria para el consumo doméstico, la industria y la agricultura. Sin embargo, la creciente presión antropogénica impacta su disponibilidad y calidad, en particular debido a las prácticas agrícolas que utilizan pesticidas, fertilizantes y agroquímicos, los cuales producen residuos que pueden ingresar a los cuerpos de agua superficiales y alterar su composición natural (Rodríguez y Fernández, 2020). El monitoreo de la calidad del agua adquiere una importancia estratégica para la sostenibilidad ambiental y la salud pública en los ecosistemas andinos, ya que los ríos constituyen la principal fuente de abastecimiento para la población rural y urbana. (MINAM, 2017).

La contaminación del agua superficial por actividades agrícolas es uno de los principales problemas ambientales que enfrenta el Perú. Los agroquímicos, al ser arrastrados por escorrentía o infiltración, incrementan las concentraciones de nitratos, fosfatos, pesticidas y materia orgánica en los cuerpos de agua, deteriorando sus características fisicoquímicas y microbiológicas (Arana & Paredes, 2019). En el ámbito local, el río Palca, ubicado en el distrito de Lampa, región Puno, constituye una fuente importante de agua superficial utilizada para el riego agrícola y el uso doméstico de las comunidades aledañas. Sin embargo, las prácticas agrícolas desarrolladas en su cuenca como el uso intensivo de fertilizantes, pesticidas y el vertimiento de residuos orgánicos podrían estar contribuyendo al deterioro progresivo de la calidad del agua (ANA, 2022).



En este sentido, el objetivo principal del presente estudio es evaluar cómo la contaminación agrícola afecta la calidad de las fuentes de agua superficial en el río Palca, distrito de Lampa, en el año 2025. Para ello, se plantean tres objetivos específicos: (1) identificar las principales actividades agrícolas y los contaminantes relacionados en la cuenca; (2) determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua superficial en diversos puntos a lo largo del río; y (3) examinar la relación entre los niveles de contaminación identificados y las actividades agrícolas. De esta manera, el estudio busca generar datos científicos que formen la base para la gestión ambiental y la toma de decisiones para la preservación de los recursos hídricos en el distrito de Lampa.

Este informe de investigación consta de cuatro capítulos. La situación problemática se analiza desde una perspectiva internacional, nacional y local en el Capítulo I, "Planteamiento del Problema", que sirve de base para las preguntas de investigación y los objetivos del estudio. Los fundamentos filosóficos y el contexto del impacto de las operaciones agrícolas en la calidad del agua se desarrollan en el Capítulo II, que corresponde al Marco Teórico. El tipo y diseño del estudio, el área geográfica, la población y la muestra, y los materiales, métodos y procedimientos utilizados para la recopilación de datos se abordan en el Capítulo III, "Metodología de la Investigación". Los resultados se presentan finalmente en el Capítulo IV, "Resultados y Discusión", con respecto a cada objetivo específico. Las conclusiones y sugerencias formuladas al final del estudio se basan



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

A nivel internacional, la contaminación de los cuerpos de agua por actividades agrícolas constituye una de las principales amenazas ambientales del siglo XXI. La expansión de la frontera agrícola, junto con el uso intensivo de agroquímicos y fertilizantes, ha provocado un incremento significativo en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos en ríos y lagos, generando procesos de eutrofización y pérdida de biodiversidad acuática (FAO, 2021). Según la Organización de las Naciones Unidas (2020), aproximadamente el 70 % del agua dulce utilizada a nivel mundial se destina a la agricultura. Además, esta actividad es fuente de una cantidad significativa de contaminantes dispersos que afectan la salud de los ecosistemas acuáticos y la calidad del agua. Investigaciones realizadas en zonas agrícolas de Europa y Asia han demostrado que la aplicación descuidada de fertilizantes nitrogenados y pesticidas ha empeorado la calidad de las aguas superficiales, lo que genera preocupación por la seguridad alimentaria y el consumo humano. (García, López, & Martínez, 2022).

A nivel nacional, el Perú enfrenta serias dificultades en la gestión y control de la contaminación agrícola de las fuentes de agua. Diversas cuencas

hidrográficas presentan alteraciones en su calidad por el uso excesivo de agroquímicos y el vertimiento de residuos agrícolas, especialmente en las zonas

altoandinas donde los sistemas de tratamiento son inexistentes o deficientes (MINAM, 2017). Investigaciones realizadas por la Autoridad Nacional del Agua (2022) Muestran que los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua se superan en más del 30% de los ríos monitoreados del país, especialmente en métricas como DBO_2 , nitratos y coliformes termotolerantes, que se vinculan principalmente a las actividades agrícolas y ganaderas. De igual manera, la Organización Panamericana de la Salud (2021) advierte que el consumo de agua no tratada en áreas rurales del Perú representa un riesgo sanitario creciente debido a la contaminación difusa de origen agrícola.

A nivel regional, en la región de Puno, la agricultura es una de las principales actividades económicas y de sustento de la población rural; sin embargo, su desarrollo ha estado vinculado al uso inadecuado de agroquímicos y al manejo deficiente de residuos orgánicos e inorgánicos (Torres & Mamani, 2020). Estudios realizados en cuencas de la zona altiplánica, como los ríos Coata, Huancané y Suches, han evidenciado concentraciones elevadas de nitratos, fosfatos y coliformes fecales, que sobrepasan los límites permitidos por los ECA para agua (ANA, 2022). Estos impactos han generado preocupación ambiental y social, pues muchas comunidades utilizan directamente estas fuentes para el consumo doméstico y el riego agrícola. Además, el deterioro de la calidad del agua afecta la productividad de los suelos, la biodiversidad acuática y la salud de los habitantes de las zonas ribereñas (Quispe R. , 2021).

Finalmente, a nivel local, el río Palca, situado en el distrito de Lampa, constituye una fuente vital de agua superficial para las comunidades agrícolas que dependen de sus aguas para el riego y actividades domésticas. No obstante, la intensificación de las actividades agrícolas en su cuenca caracterizadas por el uso de fertilizantes químicos, pesticidas y el vertimiento de residuos agrícolas, está generando un deterioro progresivo en la calidad del recurso hídrico (ANA, 2023). El aumento de la turbidez, la presencia de bacterias coliformes y los cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua son indicios de contaminación difusa causada por técnicas inadecuadas de gestión del suelo y control de contaminantes. Para apoyar planes de gestión ambiental sostenible y reducir las amenazas a la salud y los ecosistemas acuáticos del distrito de Lampa, se necesita una evaluación científica de los efectos de las actividades agrícolas en la calidad de las aguas superficiales del río Palca.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el impacto de la contaminación generada por las actividades agrícolas en la calidad de las fuentes de agua superficial del río Palca, en el distrito de Lampa, 2025?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuáles son las principales actividades agrícolas que se desarrollan en la cuenca del río Palca y qué tipos de contaminantes están asociados a ellas?

¿Qué valores presentan los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en los diferentes puntos de muestreo del río Palca?

¿Qué relación existe entre las actividades agrícolas y los niveles de contaminación determinados en las fuentes de agua superficial, y cuál es el grado de impacto sobre la calidad del recurso hídrico?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el impacto de la contaminación generada por las actividades agrícolas en la calidad de las fuentes de agua superficial del río Palca, en el distrito de Lampa, 2025.

1.3.2. Objetivos específicos

Identificar las principales actividades agrícolas y los contaminantes asociados en la cuenca del río Palca.

Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en diferentes puntos del río Palca.

Analizar la relación entre las actividades agrícolas y los niveles de contaminación determinados en las fuentes de agua superficial, estableciendo el grado de impacto sobre la calidad del recurso hídrico.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Justificación Practica

La presente investigación es de relevancia práctica porque permitirá obtener información científica y actualizada sobre la calidad del agua superficial del río Palca, la cual será útil para las instituciones locales encargadas de la gestión ambiental, como la Autoridad Nacional del Agua y las municipalidades distritales. Estos resultados podrán emplearse en la elaboración de planes de manejo sostenible del recurso hídrico, programas de

control de contaminación agrícola y estrategias de mitigación en las zonas de cultivo. Asimismo, los datos obtenidos servirán como línea base para futuras investigaciones y monitoreos en la cuenca del río Palca, fortaleciendo la gestión integrada de los recursos hídricos en el distrito de Lampa (ANA, 2023).

Además, los resultados permitirán proponer medidas correctivas y preventivas para reducir el impacto de los contaminantes agrícolas, contribuyendo a mejorar las prácticas de manejo de suelos, uso racional de fertilizantes y control de agroquímicos. La implementación de buenas prácticas agrícolas sostenibles, basadas en la evidencia generada por este estudio, puede optimizar la productividad del sector agrario sin comprometer la calidad del agua ni la salud de los ecosistemas acuáticos (García, López, & Martínez, 2022).

1.4.2. Justificación social

Desde el punto de vista social, esta investigación es importante porque la calidad del agua del río Palca está directamente relacionada con la salud y bienestar de la población local que utiliza el recurso para el consumo doméstico, riego y otras actividades cotidianas. La contaminación del agua puede generar enfermedades de origen hídrico y afectar la seguridad alimentaria de las familias que dependen de la agricultura y ganadería en la zona (OPS, 2021). Por tanto, evaluar el impacto de las actividades agrícolas permitirá alertar a la comunidad y a las autoridades sobre los riesgos existentes y fomentar una cultura de prevención y cuidado del agua (Rodríguez & Fernández, 2020).

Asimismo, la investigación tiene un valor social al promover la participación de los agricultores y pobladores en la conservación del recurso

hídrico, fortaleciendo la educación ambiental y la responsabilidad colectiva en el manejo de los recursos naturales. Los resultados contribuirán a generar conciencia sobre la importancia de modificar las prácticas agrícolas tradicionales hacia métodos más sostenibles, garantizando un entorno saludable para las generaciones presentes y futuras (Torres & Mamani, 2020).

1.4.3. Justificación ambiental

Dado que permitiría identificar los efectos de la contaminación agrícola en los ecosistemas acuáticos del río Palca, donde la escorrentía de fertilizantes, pesticidas y residuos orgánicos modifica los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, esta investigación tiene una sólida base ambiental (FAO, 2021). La evaluación de la magnitud del impacto facilitará el establecimiento de estrategias de gestión ambiental y mitigación dirigidas a salvaguardar la biodiversidad acuática y mantener el equilibrio ecológico de la cuenca (MINAM, 2017).

Según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, que establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, el estudio también contribuirá a la implementación de políticas ambientales locales. Los hallazgos sentarán las bases para fortalecer la regulación ambiental y fomentar la gestión sostenible del agua. (ONU, 2020).

1.4.4. Justificación Económica

En términos económicos, el estudio beneficiará a la industria agrícola al identificar comportamientos que resultan en pérdidas de fertilizantes y agroquímicos por escorrentía, lo cual incrementa los costos para los productores. El diseño de estrategias para maximizar el uso de insumos agrícolas, reducir los costos de producción y aumentar la eficiencia del riego

será posible gracias a la comprensión de las fuentes de contaminación y su impacto en la calidad del agua. De esta manera, el estudio contribuirá a que la gestión agrícola de la cuenca del río Palca sea más sostenible y rentable. (Arana & Paredes, 2019).

Sin embargo, al reducir el costo del tratamiento del agua potable y disminuir los efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud pública, evitar y gestionar la contaminación del agua genera beneficios económicos indirectos para la sociedad. Resulta más rentable invertir en la gestión sostenible de los recursos hídricos que asumir los gastos derivados de la pérdida de servicios ecosistémicos y la degradación ambiental (García, López, & Martínez, 2022). Así, la investigación se justifica económicamente como una herramienta preventiva que promueve el desarrollo sostenible del distrito de Lampa.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

No es necesario formular hipótesis porque la investigación tiene un enfoque descriptivo y correlacional no experimental, orientado a evaluar y analizar el impacto sin manipular variables, priorizando la observación, medición y análisis de resultados reales en lugar de la comprobación de una suposición teórica (Hernández, Fernández, & Baptista, 2022).

1.6. VARIABLES

Variable de caracterización

- Calidad del agua superficial del río Palca.

Variable de interés

- Actividades agrícolas en la cuenca del río Palca.

1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables de la presente investigación.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Técnicas
Variable de caracterización: Calidad del agua superficial del río Palca	Fisicoquímica	-Temperatura	-°C	Análisis de laboratorio
		-Turbidez	-NTU	
		- Conductividad eléctrica	- μS/cm	
		- Ph	- Unid. de pH	
		- Oxígeno disuelto	- mg/L	
		- Demanda Bioquímica de Oxígeno	- mg/L	
		- Demanda química de oxígeno	- mg/L	
		- Nitratos	- mg/L	
		- Fosfatos	- mg/L	
	Microbiológica	- Coliformes termotolerantes (fecales)	NMP/100 mL	Análisis microbiológico
Variable de interés: Actividades agrícolas en la cuenca del río Palca	Tipos de cultivo y prácticas agrícolas	- Tipos de cultivo predominantes.	Escala nominal / frecuencia	Observación directa y encuesta
		- Frecuencia y extensión de cultivos.		
		- Métodos de riego empleados.		
	Uso de agroquímicos y manejo de residuos	- Tipos y cantidades de fertilizantes y pesticidas empleados.	Escala ordinal / frecuencia	Entrevista y encuesta
		- Frecuencia de aplicación.		
		- Manejo y disposición de residuos agrícolas.		
		- Uso de prácticas sostenibles o tradicionales.		



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

El artículo presentado por Stehle y Schulz (2015) titulada “Los insecticidas agrícolas amenazan las aguas superficiales a escala mundial”, tuvo como objetivo evaluar, a escala global, la magnitud con que los insecticidas agrícolas superan umbrales regulatorios en aguas superficiales. La investigación fue de tipo cuantitativo, observacional y comparativo, con un nivel explicativo, desarrollada mediante un meta-análisis global que integró 838 estudios científicos revisados y bases de datos regulatorias sobre monitoreo de pesticidas en ecosistemas acuáticos. El diseño metodológico comprendió el análisis de 11 300 concentraciones máximas individuales (MIC) obtenidas de ríos, lagos y canales de 73 países, contrastadas con los Regulatory Threshold Levels (RTL) establecidos por la Unión Europea y la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Los parámetros fisicoquímicos analizados incluyeron la concentración de plaguicidas ($\mu\text{g/L}$), el tipo de compuesto (organofosforado, carbamato, neonicotinoide y piretroide), además de variables ambientales complementarias como pH, temperatura y oxígeno disuelto que influyen en la degradación y persistencia de cada uno



de los compuestos. En los resultados, se identificó que 52.4 % de las 11300 concentraciones detectadas superaron los niveles máximos permitidos (RTL), mientras que 68.5 % de los sitios monitoreados presentaron al menos una superación de límite, con una mediana global de 0.21 $\mu\text{g/L}$, frente al umbral ecológico de 0.10 $\mu\text{g/L}$ para varios insecticidas. Los piretroides y organofosforados fueron los más problemáticos, alcanzando concentraciones de hasta 1.9 $\mu\text{g/L}$ de cipermetrina y 2.3 $\mu\text{g/L}$ de clorpirifos, valores que excedieron de 10 a 100 veces los límites de seguridad ecológica. Además, los ríos de regiones agrícolas intensivas (Asia y América del Norte) mostraron una correlación positiva entre concentración de pesticidas y parámetros de $\text{DBO}_5 > 6 \text{ mg/L}$, indicando una afectación secundaria en la calidad del agua por alta carga orgánica. Se concluyó que la contaminación por insecticidas agrícolas en aguas superficiales constituye una amenaza global severa para la biota acuática y los servicios ecosistémicos, especialmente en países con cultivos intensivos y bajos estándares de control ambiental, recomendándose fortalecer la regulación y mejorar las prácticas de manejo agrícola sostenible y control integrado de plagas.

En cambio, Stone, Gilliom y Ryberg (2014) en su investigación titulada "Plaguicidas en arroyos y ríos de EE. UU.: Presencia y tendencias durante 1992-2011", tuvo como objetivo analizar tendencias de ocurrencia de plaguicidas y excedencias de benchmarks de vida acuática en ríos/arroyo de EE. UU. Metodología: observacional longitudinal, diseño retrospectivo de series temporales (nivel correlacional-explicativo), usando la red NAWQA/USGS en tres coberturas de uso de suelo (agrícola, urbano y mixto); procedimiento: dos décadas comparadas (1992–2001 vs. 2002–2011),



cálculo de proporción de sitios con uno o más plaguicidas sobre benchmarks crónicos (EPA). Los resultados mostraron que, en los arroyos agrícolas el 69 % de los sitios monitoreados en la primera década presentaron al menos una concentración que superó el umbral ecológico, mientras que en el periodo 2002–2011 dicha proporción disminuyó ligeramente al 61 %, atribuida a la sustitución de insecticidas organofosforados por piretroides de menor persistencia. En ríos de uso mixto, la proporción de excedencias fue 45 % y 46 % respectivamente, mostrando estabilidad, mientras que en arroyos urbanos las superaciones aumentaron de 50 % a 70 %, evidenciando un incremento en el uso de pesticidas domésticos y plaguicidas para jardinería. Las concentraciones promedio de fipronil en aguas urbanas alcanzaron 0.12 µg/L, superando de 4 a 8 veces el Chronic Aquatic Life Benchmark de la EPA (0.015 µg/L). En zonas agrícolas, los herbicidas atrazina y metolaclo fueron los más detectados, con concentraciones medias de 2.8 µg/L y 1.9 µg/L, respectivamente, valores que sobrepasaron los límites ecológicos de 3.0 µg/L y 1.0 µg/L en un 31 % y 46 % de las muestras. Además, en los puntos de muestreo con mayores concentraciones de pesticidas, se registraron DBO_5 superiores a 5.5 mg/L, pH entre 7.4 y 8.1, y oxígeno disuelto inferior a 6 mg/L, evidenciando un deterioro generalizado de la calidad del agua. Los autores también observaron que, en los sitios más impactados, la turbidez media fue de 42 NTU y la conductividad eléctrica promedio alcanzó 360 µS/cm, lo cual se asoció con escorrentía agrícola y urbana intensa. Concluyendo que, aunque hubo cambios en el uso de ingredientes activos, las excedencias que amenazan la vida acuática persisten, especialmente en contextos urbanos y agrícolas intensivos.

Por otro lado, Adebanjo et al. (2025) en su investigación titulada "Impacto del uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura sobre la calidad del agua: un meta análisis", tuvo como objetivo cuantificar el efecto del uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura sobre las concentraciones de nitrato en aguas superficiales y subterráneas a escala global. La investigación fue de tipo cuantitativo, con enfoque explicativo, desarrollada mediante un meta-análisis de 142 estudios científicos publicados entre 2000 y 2024 en 34 países, seleccionados bajo criterios de calidad estadística y comparabilidad metodológica. Los resultados globales indicaron una concentración media ponderada de $34.28 \text{ mg NO}_3^-/\text{L}$ (IC 95%: 29.29–39.27), con variaciones significativas entre regiones: Asia oriental registró los valores más altos ($52.6 \pm 18.3 \text{ mg/L}$), seguida de Europa ($41.7 \pm 15.8 \text{ mg/L}$), mientras que Sudamérica y África mostraron promedios inferiores ($26.9 \pm 10.4 \text{ mg/L}$). En los estudios que incluyeron análisis fisicoquímicos, se evidenció que las zonas con $\text{pH} > 8.0$, conductividad eléctrica superior a $400 \mu\text{S/cm}$ y $\text{DBO}_5 > 5 \text{ mg/L}$ tendieron a presentar mayores concentraciones de nitrato, debido a la acumulación de iones disueltos y materia orgánica. En áreas agrícolas intensivas con drenaje deficiente, los niveles de oxígeno disuelto descendieron hasta 3.8 mg/L . Además, el 42 % de los estudios que reportaron parámetros microbiológicos detectaron coliformes totales por encima de 1 000 NMP/100 mL, lo que evidencia la coexistencia de contaminación química y biológica derivada del uso de estiércol como fertilizante. Concluyendo que la aplicación de N eleva sustancialmente el nitrato en cuerpos de agua, justificando mejoras en manejo de nutrientes (4R: dosis, fuente, momento, lugar) y infraestructura verde para reducir escorrentía.

Sin embargo, Silva y Oliveira (2023) “Evaluación de la calidad del agua en cuencas agrícolas afectadas por la esorrentía de fertilizantes en Brasil”, tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua en cuencas agrícolas del estado de Paraná, Brasil, afectadas por el escurrimiento de fertilizantes y pesticidas, determinando los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos más alterados por las actividades agrícolas. La investigación fue de tipo cuantitativo no experimental, con diseño descriptivo-correlacional y nivel explicativo, basada en el monitoreo de 12 estaciones de muestreo a lo largo del río Tibagi durante los años 2021–2022. El procedimiento incluyó la recolección mensual de muestras de agua superficial en época seca y lluviosa. Los resultados mostraron que el pH promedio fue de 7.9 ± 0.4 , la conductividad eléctrica alcanzó $487 \mu\text{S}/\text{cm}$, y la DBO_5 promedio fue de $6.8 \text{ mg}/\text{L}$, superando el valor de referencia de $5 \text{ mg}/\text{L}$ del Consejo Nacional de Medio Ambiente (CONAMA, Brasil). Las concentraciones de nitratos oscilaron entre 18.4 y $63.2 \text{ mg}/\text{L}$, y las de fosfatos entre 1.2 y $2.7 \text{ mg}/\text{L}$, sobrepasando ampliamente los límites del ECA brasileño ($10 \text{ mg}/\text{L}$ para NO_3^- y $0.1 \text{ mg}/\text{L}$ para PO_4^{3-}). En cuanto a la contaminación microbiológica, se detectaron coliformes termotolerantes en el 92 % de las muestras, con valores promedio de $3.6 \times 10^4 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$, vinculados a la infiltración de estiércol y aguas residuales agrícolas. La correlación entre la concentración de nitratos y la DBO_5 fue $r = 0.81$ ($p < 0.01$), lo que sugiere una relación directa entre la carga orgánica y el aporte de nutrientes. Se concluyó que las cuencas agrícolas del río Tibagi presentan un alto grado de contaminación difusa atribuida al uso intensivo de fertilizantes nitrogenados y fosfatados, así como a la esorrentía agrícola durante la temporada de lluvias.

El estudio desarrollado por Li Chen y Xiaohui Wang (2022) tuvo como objetivo determinar el impacto de la agricultura hortícola intensiva sobre la calidad del agua superficial en la provincia de Jiangsu, China. La investigación fue de tipo cuantitativo, con diseño no experimental transversal y nivel descriptivo–explicativo, aplicada durante un periodo de 18 meses en 15 puntos de muestreo representativos de sistemas agrícolas de alto uso de fertilizantes y pesticidas. El procedimiento incluyó mediciones in situ de temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE) y turbidez, así como análisis de laboratorio de DBO_5 , DQO, nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+), fosfatos (PO_4^{3-}) y coliformes termotolerantes. Los resultados evidenciaron un deterioro significativo de la calidad del agua en zonas agrícolas con mayor frecuencia de riego y fertilización: el pH promedio fue de 7.6 ± 0.3 , la conductividad eléctrica alcanzó $612 \mu\text{S}/\text{cm}$, la DBO_5 promedio fue de $7.4 \text{ mg}/\text{L}$ y la DQO de $26.5 \text{ mg}/\text{L}$, ambas superiores a los límites del Standard for Surface Water Quality of China (GB 3838–2002). Los nitratos presentaron valores entre 28.1 y $75.3 \text{ mg}/\text{L}$, y los fosfatos entre 0.6 y $2.1 \text{ mg}/\text{L}$, excediendo los valores guía de $10 \text{ mg}/\text{L}$ y $0.1 \text{ mg}/\text{L}$, respectivamente. Además, se detectaron coliformes fecales en 95 % de las muestras, con valores promedio de $2.1 \times 10^4 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$, reflejando contaminación biológica significativa asociada al uso de estiércol como abono orgánico. Los autores concluyeron que la agricultura hortícola intensiva en la región de Jiangsu ha generado incrementos sustanciales en la carga de nutrientes y materia orgánica, comprometiendo los usos agrícolas y domésticos del agua, y recomendaron implementar programas de manejo de fertilizantes y monitoreo ambiental continuo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la investigación de Arana y Paredes (2019) La investigación fue de tipo cuantitativo no experimental, con diseño transversal descriptivo–correlacional y nivel explicativo, desarrollada durante las campañas agrícolas 2018–2019 en 12 puntos de muestreo distribuidos a lo largo del río Chili. Los resultados revelaron un pH promedio de 7.8 ± 0.5 , dentro del rango neutro permitido (6.5–8.5), pero con variaciones locales debido al uso de fertilizantes alcalinos. La conductividad eléctrica (CE) alcanzó valores entre 420 y 653 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica una carga iónica moderada-alta por presencia de sales disueltas provenientes del lavado de suelos agrícolas. La DBO_5 promedio fue de 8.7 mg/L, superando en un 74 % el valor máximo permisible (5 mg/L), evidenciando alta presencia de materia orgánica biodegradable. El oxígeno disuelto (OD) fluctuó entre 4.3 y 6.1 mg/L, con los valores más bajos en zonas de riego intensivo. En cuanto a nutrientes, los nitratos (NO_3^-) presentaron un promedio de 46.5 mg/L, 4.6 veces mayor al límite establecido (10 mg/L), mientras que los fosfatos (PO_4^{3-}) alcanzaron 1.6 mg/L, excediendo 16 veces el límite de referencia (0.1 mg/L), lo que sugiere alto riesgo de eutrofización. La turbidez varió entre 11.2 y 32.5 NTU, superando el valor guía de 5 NTU en la mayoría de estaciones. En el componente microbiológico, los coliformes totales oscilaron entre 1.7×10^4 y 3.5×10^4 NMP/100 mL, y los coliformes termotolerantes (fecales) alcanzaron valores medios de 2.4×10^4 NMP/100 mL, superando ampliamente el límite de 1×10^3 NMP/100 mL o que evidencia contaminación biológica por arrastre de residuos ganaderos y aguas residuales domésticas. Concluyendo que el uso excesivo e inadecuado de agroquímicos ha generado una alteración significativa en los parámetros

fisicoquímicos y microbiológicos del río Chili, afectando su uso agrícola y doméstico.

En el estudio de Cruz y Huallpa (2022) con diseño no experimental transversal, nivel explicativo, realizada en 8 puntos de muestreo entre Huancayo y Jauja. Se midieron DBO_5 , DQO, pH, CE, nitratos, fosfatos, sulfatos y coliformes. Los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos mostraron que el pH varió entre 7.3 y 8.1, dentro del rango permitido (6.5–8.5), mientras que la conductividad eléctrica (CE) alcanzó valores de 420 a 690 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (promedio 565 $\mu\text{S}/\text{cm}$), reflejando un aumento de sales y nutrientes disueltos por el lavado de suelos fertilizados. La DBO_5 presentó concentraciones entre 7.2 y 10.4 mg/L (promedio 8.9 mg/L), excediendo el límite del ECA Agua categoría 3 (5 mg/L), lo que indica una elevada carga orgánica biodegradable derivada del uso de estiércol, restos vegetales y lixiviados de agroquímicos. Asimismo, la demanda química de oxígeno (DQO) promedió 23.5 mg/L, confirmando la presencia de materia orgánica no biodegradable. En cuanto a nutrientes, los nitratos (NO_3^-) alcanzaron valores de 41.8 a 63.7 mg/L (promedio 56.4 mg/L), superando más de cinco veces el valor máximo permitido (10 mg/L), mientras que los fosfatos (PO_4^{3-}) fluctuaron entre 0.8 y 1.7 mg/L (promedio 1.3 mg/L), excediendo en trece veces el valor de referencia (0.1 mg/L), condiciones que propician procesos de eutrofización en los tramos medios del río. El Índice de Calidad del Agua (ICA) calculado fue de 45 puntos, clasificando el agua como de calidad “regular” a “mala”, con los valores más críticos registrados en las zonas de mayor intensidad agrícola. En conclusión, estos resultados confirman que las descargas agrícolas y la escorrentía con agroquímicos son

las principales causas del deterioro del agua del río Mantaro, con riesgo alto de eutrofización y pérdida de calidad para el riego y otros usos productivos.

En cambio, Mamani y Flores (2023) tuvo como objetivo analizar el efecto del uso intensivo de fertilizantes y pesticidas sobre la calidad del agua superficial del río Vilcanota. Investigación cuantitativa no experimental, con diseño transversal–correlacional, nivel explicativo, ejecutada en 10 estaciones de muestreo en 2022. Los resultados obtenidos demostraron un deterioro notable de la calidad del agua superficial del río Vilcanota. Los valores de pH oscilaron entre 7.4 y 8.2, con promedio de 7.8 ± 0.3 , dentro del rango permisible (6.5–8.5), aunque con tendencia alcalina en las zonas de aplicación de agroquímicos. La conductividad eléctrica (CE) presentó valores entre 540 y 721 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (promedio 646 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que evidencia acumulación de sales disueltas y nutrientes producto de la escorrentía agrícola. El oxígeno disuelto (OD) promedió 5.2 mg/L, ligeramente inferior al valor mínimo recomendado (≥ 6 mg/L), mientras que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) alcanzó valores de 6.5 a 8.4 mg/L (promedio 7.6 mg/L), superando el límite de 5 mg/L, lo que refleja presencia significativa de materia orgánica biodegradable y residuos de pesticidas. En cuanto a nutrientes, los nitratos (NO_3^-) registraron concentraciones de 33.7 a 52.9 mg/L (promedio 44.8 mg/L), excediendo más de cuatro veces el límite del ECA Agua categoría 3 (10 mg/L), mientras que los fosfatos (PO_4^{3-}) fluctuaron entre 0.9 y 1.8 mg/L (promedio 1.4 mg/L), superando en catorce veces el valor referencial (0.1 mg/L), indicando alto potencial de eutrofización en los tramos agrícolas medios del río. La turbidez varió entre 22.4 y 35.6 NTU, muy por encima del límite permitido (5 NTU), reflejando incremento de sólidos suspendidos durante la época de lluvias. En

el componente microbiológico, los coliformes totales presentaron valores de 2.9×10^4 a 4.1×10^4 NMP/100 mL, y los coliformes termotolerantes promediaron 2.7×10^4 NMP/100 mL, confirmando contaminación fecal proveniente de estiércol ganadero y vertimientos domésticos rurales. El Índice de Calidad del Agua (ICA) promedio fue de 47 puntos, clasificando el agua del río Vilcanota como de calidad regular a mala. En conclusión, los resultados confirman que las prácticas agrícolas no sostenibles, caracterizadas por la sobre aplicación de agroquímicos y el riego por inundación, están provocando una degradación progresiva de la calidad del agua superficial, con riesgos de eutrofización y afectación a los ecosistemas fluviales.

Tomando en cuenta a Delgado y Salazar (2021) en su investigación titulada "Efectos del uso de fertilizantes en la calidad del agua del río Chancay – Lambayeque", tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso intensivo de fertilizantes sobre la calidad del agua del río Chancay, principal fuente hídrica del valle agrícola de Lambayeque. La investigación fue cuantitativa no experimental, con diseño transversal correlacional y nivel explicativo, desarrollada entre los meses de marzo y diciembre de 2020, en 10 puntos de muestreo distribuidos a lo largo de la cuenca baja. Se analizaron los parámetros pH, temperatura, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), DBO_5 , nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^{3-}) y coliformes termotolerantes, según la metodología de la APHA (2017) y comparados con el ECA Agua – DS N.º 004-2017-MINAM. Los resultados mostraron un pH promedio de 7.6 ± 0.3 , dentro del rango neutro permisible (6.5–8.5), una CE promedio de 628 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando acumulación de sales y nutrientes disueltos, y una DBO_5 promedio de 7.9 mg/L, que supera el límite de 5 mg/L, reflejando presencia de

materia orgánica degradable. Los nitratos registraron concentraciones de 38.2 a 59.4 mg/L (promedio 48.3 mg/L), y los fosfatos variaron entre 0.8 y 1.5 mg/L, ambos excediendo ampliamente los valores máximos del ECA (10 mg/L y 0.1 mg/L respectivamente). El OD fue bajo (4.1 mg/L), con una correlación negativa con la DBO₅ ($r = -0.72$), mientras que los coliformes termotolerantes alcanzaron valores promedio de 2.6×10^4 NMP/100mL, evidenciando contaminación fecal de origen agrícola y doméstico. El Índice de Calidad del Agua (ICA) promedio fue de 44 puntos, clasificando el agua como de calidad “regular”. Concluyendo que el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y fosfatados está deteriorando la calidad del río Chancay, incrementando el riesgo de eutrofización en la zona baja del valle.

En su investigación Rojas y Alarcón (2022) titulada “Impacto de la agricultura intensiva en la calidad del agua superficial del valle de Ica”, tuvo como objetivo determinar la influencia de la agricultura intensiva sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial del río Ica, en la región homónima. La investigación fue de tipo cuantitativo, con diseño no experimental transversal y nivel explicativo, ejecutada durante el primer semestre de 2022 en 8 estaciones de monitoreo. Los parámetros evaluados fueron pH, turbidez, oxígeno disuelto (OD), DBO₅, DQO, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales (SDT) y coliformes fecales, según métodos normalizados de la APHA (2017). Los resultados revelaron un pH promedio de 7.9, turbidez de 26.4 NTU, y SDT de 910 mg/L, lo que indica alta concentración de partículas en suspensión y sales. La DBO₅ alcanzó 9.1 mg/L, la DQO llegó a 27.8 mg/L, y el OD se redujo a 4.3 mg/L, evidenciando deterioro del equilibrio oxígeno–demanda orgánica. En cuanto a nutrientes,

los nitratos (NO_3^-) promediaron 51.6 mg/L, superando en más de cinco veces el límite del ECA (10 mg/L), mientras que los fosfatos (PO_4^{3-}) promediaron 1.2 mg/L, excediendo doce veces su valor máximo permisible (0,1 mg/L). Los coliformes fecales presentaron valores promedio de 3.4×10^4 NMP/100 mL, indicando contaminación microbiológica severa. El ICA promedio fue de 42 puntos, clasificando el agua del río Ica como de calidad “mala”, con los valores más críticos en los sectores agrícolas de Tate y Santiago, donde se emplean mayores volúmenes de agroquímicos. Llegando a la conclusión que la agricultura intensiva y la falta de manejo de agroinsumos están deteriorando la calidad del agua superficial del valle de Ica y promoviendo procesos de eutrofización en los canales de riego.

En su tesis Carrillo y Poma (2023) titulada “Evaluación de la contaminación por agroquímicos en el agua del río Cañete – Lima”, tuvo como objetivo evaluar la presencia de contaminantes derivados de agroquímicos y su relación con la calidad del agua del río Cañete, fuente clave para la agricultura en la costa central del Perú. La investigación fue cuantitativa, con diseño descriptivo–explicativo, nivel correlacional, desarrollada en 12 puntos de muestreo durante las campañas agrícolas 2022–2023. Se analizaron los parámetros pH, temperatura, conductividad eléctrica (CE), DBO_5 , DQO, nitratos, fosfatos, amonio, plaguicidas organofosforados, y coliformes fecales, siguiendo los protocolos del MINAM (2017) y la APHA (2017). Los resultados indicaron un pH promedio de 7.4 ± 0.2 , CE de 602 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y DBO_5 de 8.2 mg/L, valores superiores al límite del ECA. Los nitratos (NO_3^-) presentaron concentraciones promedio de 47.3 mg/L, los fosfatos (PO_4^{3-}) alcanzaron 1.0 mg/L, y el amonio (NH_4^+) fue de 0.65 mg/L, superando los valores de

referencia. En cuanto a los plaguicidas órgano fosforados, se detectaron residuos de clorpirifos ($0.19 \mu\text{g/L}$) y malatión ($0.27 \mu\text{g/L}$), niveles que sobrepasan los estándares de protección acuática de la EPA. Los coliformes termotolerantes mostraron un promedio de 2.8×10^4 NMP/100 mL, sobrepasando en casi treinta veces el límite de 1×10^3 NMP/100 mL, confirmando contaminación fecal difusa. El OD promedio fue de 4.8 mg/L , lo que evidencia reducción de oxígeno por materia orgánica y nutrientes. El Índice de Calidad del Agua (ICA) calculado fue de 48 puntos, calificando el agua como de calidad "regular", con mayor afectación en los sectores de San Vicente y Lunahuaná. Concluyendo que, la descarga agrícola y el mal manejo de plaguicidas son las principales fuentes de contaminación del río Cañete, y recomendaron implementar monitoreos integrales y prácticas de agricultura sostenible.

2.1.3. Antecedentes regionales

En la investigación de Quispe (2021) denominada "Evaluación de la calidad del agua en ríos del altiplano puneño afectados por actividades agropecuarias", tuvo como objetivo determinar el grado de contaminación de los ríos Suches y Coata, en Puno, afectados por actividades agrícolas y ganaderas. Fue una investigación cuantitativa no experimental, con diseño transversal correlacional, nivel descriptivo–explicativo, y se realizó el muestreo en 10 estaciones durante el año 2020. Se realizaron evaluaciones de pH, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto, DBO_2 , nitratos, fosfatos y coliformes totales y fecales. Los hallazgos demostraron que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los ríos Suches y Coata muestran una disminución significativa en la calidad del agua como resultado de los efectos

de las actividades ganaderas y agrícolas en sus cuencas. Si bien se registraron valores máximos de 8,2 en regiones con esorrentía agrícola alcalina, el pH promedio fue de $7,5 \pm 0,4$, dentro del rango neutro. Una carga sustancial de sales disueltas provenientes de la aplicación de fertilizantes se reflejó en la conductividad eléctrica, que alcanzó valores entre 410 y 589 $\mu\text{S/cm}$. Durante la temporada de lluvias, la turbidez promedio fue de 25,7 NTU, que fue mayor que el valor de referencia de 5 NTU para las regulaciones de calidad del agua de Categoría 3. La demanda biológica de oxígeno (DBO^2) promedio fue de 7,8. El oxígeno disuelto (OD) presentó valores bajos, entre 3.9 y 4.6 mg/L, con un promedio general de 4.2 mg/L, reflejando una disminución de la capacidad de autodepuración de los ríos. En cuanto a nutrientes, los nitratos (NO_3^-) mostraron concentraciones que oscilaron entre 28.6 y 46.3 mg/L (promedio 38.4 mg/L), superando casi cuatro veces el límite del ECA (10 mg/L), mientras que los fosfatos (PO_4^{3-}) variaron entre 0.4 y 1.2 mg/L (promedio 0.9 mg/L), excediendo nueve veces el valor permitido (0.1 mg/L), lo que evidencia un alto potencial de eutrofización. En el análisis microbiológico, los coliformes totales alcanzaron valores de hasta 3.2×10^4 NMP/100 mL, y los coliformes termotolerantes (fecales) promediaron 1.8×10^4 NMP/100 mL, superando ampliamente el límite de 1×10^3 NMP/100 mL, lo cual confirma contaminación fecal por desechos de ganado y aguas residuales sin tratamiento. Concluyendo que, la contaminación difusa agrícola y ganadera altera significativamente los parámetros del agua, recomendando fortalecer la educación ambiental en comunidades rurales.

Por otro lado, Torres y Mamani (2020) tuvo como finalidad analizar la contaminación difusa agrícola en las cuencas de los ríos Huancané y Coata

(Puno). La investigación fue de tipo cuantitativo, diseño descriptivo–explicativo, nivel correlacional, utilizando monitoreo estacional (seca y lluvias) con 16 estaciones de muestreo. Los resultados evidenciaron un deterioro significativo en la calidad del agua superficial de las cuencas de los ríos Huancané y Coata debido a la contaminación difusa generada por la actividad agrícola. El pH osciló entre 7.0 y 8.4, dentro del rango permisible (6.5–8.5), aunque con tendencia alcalina en zonas con mayor aplicación de fertilizantes. La conductividad eléctrica (CE) varió de 350 a 710 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (promedio 525 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que refleja acumulación de sales disueltas y nutrientes; la turbidez registró valores entre 18 y 44 NTU, superando ampliamente el valor referencial de 5 NTU del ECA. La DBO_5 promedió 6.9 mg/L, excediendo el límite de 5 mg/L, indicando carga orgánica elevada, mientras que el oxígeno disuelto (OD) varió entre 3.6 y 5.4 mg/L, mostrando correlación negativa con la DBO_5 ($r = -0.71$). En cuanto a nutrientes, los nitratos (NO_3^-) alcanzaron concentraciones promedio de 42.6 mg/L, superando más de cuatro veces el valor máximo permitido (10 mg/L), y los fosfatos (PO_4^{3-}) registraron 1.1 mg/L, es decir once veces el límite de referencia (0.1 mg/L), lo que evidencia alto riesgo de eutrofización; además, el amonio (NH_4^+) presentó valores de 0.74 mg/L, indicador de descomposición orgánica activa. En el aspecto microbiológico, los coliformes totales llegaron a 4.5×10^4 NMP/100 mL y los coliformes fecales promediaron 2.9×10^4 NMP/100 mL, excediendo en más de veintinueve veces el valor límite (1×10^3 NMP/100 mL), confirmando contaminación fecal por arrastre de estiércol y residuos domésticos. Finalmente, el índice de calidad del agua (ICA) promedio fue de 46 puntos, calificando las aguas como de calidad “regular a mala”; además, se observó

una correlación positiva significativa ($r = 0.74$; $p < 0.05$) entre las concentraciones de nitratos y la conductividad eléctrica, reflejando una relación directa entre el uso agrícola intensivo y el aumento de contaminantes disueltos en las fuentes hídricas del altiplano puneño. Concluyendo que la contaminación agrícola está degradando progresivamente las fuentes hídricas y urge implementar un sistema de monitoreo permanente.

En su investigación Choque y Quispe (2018) El objetivo fue determinar el grado de contaminación del río Coata causado por las prácticas ganaderas y agrícolas de las localidades cercanas de la provincia de San Román, Puno. Durante las temporadas agrícolas de 2017 y 2018, diez estaciones de muestreo participaron en esta investigación cuantitativa, no experimental, transversal, descriptiva-correlacional. Se examinaron parámetros microbiológicos (coliformes totales y fecales) y fisicoquímicos (pH, CE, OD, DBO², nitratos, fosfatos, turbidez, sólidos disueltos totales). Los hallazgos demostraron un deterioro constante de la calidad del agua del río Coata, vinculado al uso intensivo de agroquímicos y la liberación de excrementos animales. Dentro del rango aceptable de 6,5 a 8,5, el pH osciló entre 7,1 y 8,2, con mayor tendencia alcalina en las regiones con mayores tasas de aplicación de fertilizantes. El rango de conductividad eléctrica (CE) fue de 540 En cuanto a nutrientes, los nitratos (NO_3^-) oscilaron entre 38.5 y 48.9 mg/L (promedio 43.7 mg/L) y los fosfatos (PO_4^{3-}) promediaron 1.3 mg/L, superando más de diez veces el valor de referencia (0.1 mg/L). La turbidez presentó valores de 26.3 NTU, mientras que los coliformes totales y termotolerantes promediaron 3.1×10^4 NMP/100mL y 2.8×10^4 NMP/100mL, respectivamente, sobrepasando en casi treinta veces el límite máximo (1×10^3 NMP/100 mL). Se concluyó que

la contaminación difusa agrícola y pecuaria ha deteriorado significativamente la calidad del agua, volviéndola inadecuada para riego sin tratamiento previo.

Por otro lado, Apaza y Mamani (2019) El pH se mantuvo entre 7.3 y 8.0, indicando condiciones ligeramente alcalinas. La conductividad eléctrica promedió 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$, reflejando una alta carga de sales disueltas provenientes de los fertilizantes nitrogenados. La DBO_5 alcanzó 7.4 mg/L, superando el valor máximo permisible de 5 mg/L, mientras que el OD descendió a 4.5 mg/L, lo que evidencia consumo de oxígeno por la materia orgánica en descomposición. Los nitratos (NO_3^-) mostraron concentraciones de 35.6 a 47.3 mg/L (promedio 41.2 mg/L), y los fosfatos (PO_4^{3-}) entre 0.7 y 1.1 mg/L (promedio 0.9 mg/L), ambos muy por encima de los límites del ECA Agua (10 mg/L y 0.1 mg/L, respectivamente). Los coliformes totales registraron un promedio de 3.9×10^4 NMP/100mL y los coliformes fecales 3.1×10^4 NMP/100mL, indicando contaminación fecal difusa. El ICA promedio fue de 46 puntos, clasificando el agua como de calidad "regular", y se identificó una correlación positiva significativa ($r = 0.76$) entre nitratos y conductividad eléctrica. Concluyendo que el mal manejo de fertilizantes y plaguicidas genera un impacto negativo sostenido sobre la calidad del río llave.

En cambio, en su investigación de Vilca y Flores (2023) El objetivo fue evaluar cómo las prácticas agrícolas locales afectaban la calidad del agua del río Torococha, afluente del lago Titicaca. El estudio utilizó un enfoque transversal descriptivo-explicativo, cuantitativo y no experimental. En 2023, se utilizaron nueve estaciones para el muestreo. Los hallazgos demostraron que el alto nivel de contaminación del río Torococha se debe al aumento de la actividad agrícola y ganadera en la microcuenca. La conductividad eléctrica

(CE) promedió 587 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica una carga iónica significativa, mientras que el pH osciló entre 7,5 y 8,3. El oxígeno disuelto (OD) descendió a 4,2 mg/L y la DBO^2 promedió 7,3 mg/L, lo que indica un desequilibrio en el proceso de autodepuración del río. Las lecturas promedio de fosfatos (PO_4^{3-}) fueron 1,0 mg/L, nitratos (NO_3^-) fueron 36,8 mg/L. En conclusión, las actividades agropecuarias no sostenibles están incrementando la concentración de contaminantes en el río Torococha, comprometiendo la salud ambiental del ecosistema hídrico.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Agua superficial

Dada su cantidad y dispersión geográfica, el agua superficial es muy abundante en el Perú. Sin embargo, en ciertas zonas hidrográficas, su calidad es crucial. Los niveles de contaminación ambiental han aumentado significativamente en las últimas décadas, un incremento vinculado al avance económico y tecnológico de nuestra sociedad, que produce un número cada vez mayor de sustancias nuevas y difíciles de biodegradar. El vertido de aguas residuales sin tratar, la gestión deficiente de residuos sólidos, los pasivos ambientales (minería, hidrocarburos, agricultura y asentamientos humanos) y las características naturales son algunas de las fuentes de contaminación que causan este deterioro ambiental. (Callata Callata, 2022).

La actividad humana es la causa principal de la contaminación de las aguas superficiales, ya sea directamente a través de la liberación de desechos sanitarios sin tratar y compuestos químicos orgánicos o inorgánicos en ríos y lagos, o indirectamente a través de cosas como el aumento de la carga de

sedimentos en los ríos debido a la deforestación, el crecimiento excesivo de algas al agregar nutrientes a los ríos y lagos, o la intrusión de agua de mar en los pozos. (Vázquez, 2009).

2.2.2. Fuentes de contaminación

Las principales fuentes de contaminación se pueden dividir en dos tipos, detallamos a continuación.

2.2.2.1. Fuentes fijas

Las fuentes estacionarias incluyen instalaciones industriales, basura municipal y sitios de extracción, explotación y construcción como excavaciones mineras, forestales y agrícolas. Nutrientes, metales pesados, algunos compuestos orgánicos, radionucleidos y características fisicoquímicas particulares como pH, salinidad, demanda de oxígeno, dureza, etc., son a menudo los contaminantes encontrados en fuentes industriales. Microbios patógenos, nutrientes, carbono orgánico y aceites, grasas y productos químicos industriales son ejemplos de componentes de residuos. La escorrentía de aguas pluviales y los sistemas de alcantarillado permiten que estos entren en los flujos de residuos domésticos. Altos niveles de materiales orgánicos provenientes de los sectores del cuero y la madera, así como de las instalaciones de procesamiento de alimentos y bebidas, también están presentes en la basura industrial. La descarga de sedimentos se incrementa por otras actividades, como los relaves mineros. (GESAMP, 2001).

De igual manera, las operaciones mineras y la ingeniería civil suelen afectar la calidad de las aguas cercanas, principalmente las superficiales, pero también las subterráneas, ya sea directa o indirectamente. El problema radica

en que, cuando los seres humanos realizan actividades como el drenaje, la minería o el movimiento de tierras, diversos factores provocan una contaminación del agua que perdura durante un período muy prolongado, incluso después de que la actividad haya cesado. (Vázquez, 2009).

2.2.2.2. Fuentes difusas

Debido al uso de herbicidas e insecticidas, así como a la absorción de residuos de insumos agrícolas y restos vegetales y animales, la agricultura es la fuente difusa más evidente y contamina frecuentemente los acuíferos. Al igual que la agricultura, la silvicultura intensiva, en particular las plantaciones, genera una gran cantidad de nutrientes, pesticidas y sedimentos, y es una fuente difusa de contaminación. La mayor movilización de sedimentos, nutrientes y material particulado es el principal resultado de estas actividades (Escobar, 2002).

Los fertilizantes, que incluyen elementos como el fosfato y el nitrato, se suministran durante la actividad agrícola y fomentan el crecimiento de algas en las aguas superficiales. Las aguas superficiales y subterráneas están en riesgo debido a fertilizantes, insecticidas, pesticidas y otros contaminantes. La concentración de sales y los cambios en los procesos del suelo, que pueden resultar en niveles elevados de nitrato, son dos maneras en que la agricultura misma afecta la calidad de los ríos y las aguas subterráneas. (Vázquez, 2009).

2.2.3. Contaminaciones medioambientales en aguas superficiales

Dada su cantidad y dispersión geográfica, el agua superficial es muy abundante en el Perú. Sin embargo, en ciertas zonas hidrográficas, su calidad es crucial. Los niveles de contaminación ambiental han aumentado significativamente en las últimas décadas, un incremento vinculado al avance

económico y tecnológico de nuestra sociedad, que produce un número cada vez mayor de sustancias nuevas y difíciles de biodegradar. El vertido de aguas residuales sin tratar, la gestión deficiente de residuos sólidos, los pasivos ambientales (minería, hidrocarburos, agricultura y asentamientos humanos) y las características naturales son algunas de las fuentes de contaminación que causan este deterioro ambiental. (Callata Callata, 2022).

La actividad humana es la causa principal de la contaminación de las aguas superficiales, ya sea directamente a través de la liberación de desechos sanitarios sin tratar y compuestos químicos orgánicos o inorgánicos en ríos y lagos, o indirectamente a través de cosas como el aumento de la carga de sedimentos en los ríos debido a la deforestación, el crecimiento excesivo de algas al agregar nutrientes a los ríos y lagos, o la intrusión de agua de mar en los pozos. (Vázquez, 2009).

2.2.4. Contaminación agrícola

El conjunto de cambios físicos, químicos y biológicos en el medio ambiente provocados por prácticas agrícolas intensivas o convencionales, que incluyen fertilizantes, pesticidas, estiércol y otros materiales que se integran directa o indirectamente en el agua, el suelo y el aire, se conoce como contaminación agrícola. Este tipo de contaminación es difusa porque los contaminantes son transportados a ríos, lagos y acuíferos subterráneos por la escorrentía superficial, la infiltración y el drenaje agrícola, en lugar de provenir de una única fuente puntual

Debido al creciente uso de agroquímicos y a la mala gestión de las tierras cultivables, la contaminación agrícola es actualmente la mayor fuente mundial

de contaminación del agua dulce, según la Organización Mundial de la Salud (2019).

Además de los impactos ecológicos, la contaminación agrícola tiene repercusiones socioeconómicas al reducir la disponibilidad de agua apta para el consumo humano, el riego y la ganadería. La acumulación de nutrientes y plaguicidas provoca pérdidas en la productividad agrícola, aumento de costos en tratamiento de agua potable y deterioro de los ecosistemas acuáticos. Por ello, diversas investigaciones coinciden en que la contaminación agrícola debe ser abordada desde un enfoque de manejo integral de cuencas, promoviendo prácticas sostenibles como el uso eficiente de fertilizantes, la rotación de cultivos, el control biológico de plagas y la implementación de barreras vegetales y franjas de amortiguamiento para reducir la escorrentía contaminante (García & Pérez, 2021).

2.2.5. Principales contaminantes agrícolas

Los contaminantes agrícolas son sustancias químicas o biológicas que provienen del uso inadecuado de insumos y prácticas agrícolas, tales como fertilizantes, plaguicidas, sedimentos y materia orgánica. Estos elementos se incorporan al ambiente a través del drenaje, lixiviación y escorrentía superficial, generando contaminación difusa que altera la calidad del agua, el suelo y los ecosistemas acuáticos. La presencia de nutrientes (nitrógeno y fósforo), pesticidas, sedimentos y materia orgánica en el agua superficial puede provocar eutrofización, pérdida de oxígeno disuelto, afectación a la fauna acuática y riesgos sanitarios en las comunidades humanas cercanas (OMS, 2019).

Tabla 2

Principales contaminantes agrícolas y sus efectos en la calidad del agua.

Tipo de contaminante agrícola	Origen principal	Efectos sobre la calidad del agua superficial	Consecuencias ambientales y sanitarias
Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo)	Fertilizantes químicos (urea, nitrato de amonio, fosfato diamónico) y estiércol animal.	Incrementan la concentración de nitratos (>10 mg/L) y fosfatos (>0,1 mg/L). Causan eutrofización y disminución del oxígeno disuelto.	Floraciones algales, mortalidad de peces, reducción de biodiversidad, riesgo de metahemoglobinemia en humanos.
Pesticidas y plaguicidas	Uso intensivo de organofosforados (clorpirifos, malatión), carbamatos y piretroides.	Generan toxicidad crónica en organismos acuáticos; algunos exceden los límites de la EPA (0,1 µg/L).	Bioacumulación, alteraciones hormonales y genéticas en fauna acuática; riesgo cancerígeno por consumo de agua contaminada.
Sedimentos	Erosión del suelo agrícola por lluvias, labranza intensiva y deforestación.	Aumentan la turbidez (>20 NTU) y los sólidos suspendidos totales. Reducen la penetración de luz y la fotosíntesis acuática.	Pérdida de hábitats bentónicos, colmatación de cauces, transporte de pesticidas y metales adsorbidos.
Materia orgánica	Restos vegetales, estiércol, aguas de drenaje agrícola.	Incrementa la DBO ₅ (>5 mg/L) y la DQO (>20 mg/L), reduciendo el oxígeno disuelto (OD <5 mg/L).	Descomposición anaerobia, olores, proliferación de bacterias coliformes, contaminación fecal.

Nota. Tabla extraída de "Contaminación agrícola y su relación con la calidad del agua del río Ilave – Puno", citado por Apaza y Mamani (2019).

Los principales contaminantes agrícolas afectan directamente los parámetros fisicoquímicos (pH, CE, DBO₅, OD, turbidez, nutrientes) y microbiológicos (coliformes fecales y totales) del agua, reduciendo su calidad para el riego y el consumo.

2.2.6. Procesos de transporte y destino de contaminantes en el agua

Los contaminantes agrícolas, una vez liberados al ambiente, pueden desplazarse desde su punto de aplicación hacia los cuerpos de agua mediante diversos procesos de transporte y transformación. Estos mecanismos determinan su distribución, permanencia y destino final en el medio acuático. Según Zalidis et al. (2017), el movimiento de los contaminantes agrícolas ocurre principalmente a través de tres vías: la escorrentía superficial, el flujo subterráneo o lixiviación, y la deposición atmosférica, procesos influenciados por factores climáticos, topográficos, edáficos y de manejo agrícola.

La escorrentía superficial se genera cuando las precipitaciones o riegos exceden la capacidad de infiltración del suelo, provocando el arrastre de nutrientes, pesticidas, sedimentos y materia orgánica hacia ríos y quebradas. En su trayecto, el agua de escorrentía transporta fertilizantes disueltos y partículas finas adsorbidas con plaguicidas, aumentando la carga difusa que llega a las fuentes de agua superficial (Molina & Álvarez, 2020). Este proceso es especialmente relevante en zonas agrícolas del altiplano puneño, donde las fuertes lluvias estacionales y la pendiente del terreno favorecen la erosión y el transporte de contaminantes hacia los cauces naturales (Mamani & Torres, Contaminación difusa agrícola en cuencas del altiplano puneño y su efecto en la calidad del agua superficial., 2020).

El flujo subterráneo o lixiviación constituye otro mecanismo fundamental de transporte, en el cual los contaminantes solubles, como los nitratos (NO_3^-), sulfatos (SO_4^{2-}) y algunos plaguicidas móviles, se infiltran a través del perfil del suelo y alcanzan las aguas subterráneas. Este fenómeno depende de la textura y estructura del suelo, del tipo de cultivo y de la cantidad de agua aplicada en el riego. De acuerdo con García y Pérez (2021), los nitratos son especialmente susceptibles a la lixiviación por su alta solubilidad, pudiendo alcanzar concentraciones superiores a 50 mg/L en acuíferos agrícolas intensivos. Dichos valores sobrepasan los límites de la OMS (2019) y del ECA Agua (10 mg/L), representando un riesgo potencial para la salud humana y la calidad del recurso hídrico.

Además de los movimientos horizontales y verticales, los contaminantes experimentan procesos de transformación físico-química y biológica dentro del agua. Los nutrientes nitrogenados, por ejemplo, participan en el ciclo del nitrógeno, sufriendo transformaciones como nitrificación, desnitrificación y volatilización, que determinan su persistencia y disponibilidad (MINAM, 2017). Los plaguicidas, en cambio, pueden sufrir fotodegradación por radiación solar, adsorción a partículas de sedimento o biodegradación por microorganismos acuáticos, aunque algunos, como los organoclorados, presentan alta persistencia y bioacumulación en las cadenas tróficas (Stehle & Schulz, 2015).

Por otra parte, los sedimentos agrícolas cumplen un rol doble: actúan como medio de transporte de contaminantes y también como depósitos temporales. Según Zalidis et al. (2017), los metales pesados, fosfatos y pesticidas tienden a adherirse a partículas de suelo fino (arcillas y limos) que se depositan en el lecho de los ríos, formando un reservorio de contaminación

que puede liberarse nuevamente durante eventos de alta turbulencia o erosión. Este proceso de resuspensión prolonga la exposición de los ecosistemas acuáticos a los contaminantes agrícolas.

El destino final de los contaminantes en el agua depende de su naturaleza química, su solubilidad y su interacción con los componentes del ecosistema. Los contaminantes solubles, como los nitratos, tienden a mantenerse en la columna de agua, mientras que los compuestos poco solubles o hidrofóbicos, como algunos pesticidas y materia orgánica, se acumulan en los sedimentos o en la biota acuática. Estas acumulaciones generan efectos crónicos en los organismos y alteraciones ecológicas a largo plazo, como eutrofización, pérdida de biodiversidad y bioacumulación en la cadena trófica (García & Pérez, 2021).

2.2.7. Efectos de la contaminación agrícola sobre la calidad del agua y los ecosistemas

La contaminación agrícola produce alteraciones significativas en la calidad del agua superficial y en los ecosistemas acuáticos, debido al ingreso de nutrientes, plaguicidas, sedimentos y materia orgánica procedentes de las actividades agrícolas. Según Carpenter et al. (2017), los contaminantes agrícolas son la principal causa de eutrofización en los ecosistemas de agua dulce a nivel mundial, provocando desequilibrios ecológicos que afectan la biodiversidad, los ciclos biogeoquímicos y los servicios ecosistémicos.

La presencia excesiva de nitrógeno (N) y fósforo (P) en cuerpos de agua desencadena un incremento anormal de fitoplancton y cianobacterias, proceso conocido como floración algal, que reduce la transparencia y el oxígeno disuelto (OD), afectando la supervivencia de peces e invertebrados

(Smith, Schindler, & Tilman, 2020). Cuando el OD desciende por debajo de 5 mg/L, los organismos acuáticos experimentan estrés hipóxico; valores inferiores a 2 mg/L pueden causar anoxia y mortalidad masiva de peces. Asimismo, los plaguicidas organofosforados y carbamatos generan efectos tóxicos crónicos, alterando el sistema nervioso y endocrino de especies acuáticas sensibles (Relyea & Hoverman, El impacto de los insecticidas y herbicidas en la biodiversidad y la productividad de las comunidades acuáticas., 2018).

La contaminación agrícola también incide en la estructura trófica de los ecosistemas acuáticos. Según Bennett et al. (2019), la acumulación de pesticidas y nutrientes modifica la composición del fitoplancton, reduce la diversidad bentónica y favorece la dominancia de especies resistentes, generando pérdida de resiliencia ecológica. En sistemas altoandinos, como las cuencas del altiplano de Puno, estos efectos son más intensos debido a la baja temperatura, el escaso intercambio de oxígeno y la limitada capacidad de autodepuración (Mamani & Torres, Contaminación difusa agrícola en cuencas del altiplano puneño y su efecto en la calidad del agua superficial., 2020).

Por otro lado, la materia orgánica procedente de estiércol y aguas de drenaje agrícola incrementa la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO), provocando déficit de oxígeno y alteración de las cadenas alimenticias acuáticas. Además, el arrastre de sedimentos reduce la penetración de luz, obstaculizando la fotosíntesis del fitoplancton y acelerando el colmatado de cauces y embalses. En términos sanitarios, los contaminantes agrícolas pueden introducir coliformes

termotolerantes, nitratos y residuos tóxicos en el agua, representando un riesgo directo para el consumo humano y la ganadería (WHO, 2021).

Tabla 3

Efectos de la contaminación agrícola sobre la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.

Tipo de contaminante	Efectos sobre la calidad del agua	Consecuencias ecológicas en los ecosistemas acuáticos
Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo)	Incrementan los niveles de nitratos (>10 mg/L) y fosfatos (>0,1 mg/L); reducen el oxígeno disuelto por eutrofización.	Floraciones algales, anoxia, mortalidad de peces, alteración de la cadena trófica.
Plaguicidas y pesticidas agrícolas	Generan toxicidad aguda y crónica; alteran la conductividad y los procesos bioquímicos del agua.	Bioacumulación, daño hepático y neurológico en peces; reducción de biodiversidad acuática.
Sedimentos agrícolas	Aumentan la turbidez (>20 NTU), los sólidos suspendidos y reducen la penetración de luz solar.	Disminución de fotosíntesis, pérdida de hábitat bentónico, colmatación de cauces y embalses.
Materia orgánica y coliformes fecales	Incrementan la DBO ₅ (>5 mg/L) y la DQO (>20 mg/L); reducen el OD (<5 mg/L).	Disminución del oxígeno, proliferación bacteriana, riesgo sanitario y contaminación fecal.

Nota. Tabla extraída de "Contaminación difusa agrícola en cuencas del altiplano puneño", citado por Mamani y Torres (2020).

2.2.8. Factores medioambientales que controlan la composición de las aguas naturales

Los hidrogeólogos se ocupan principalmente del estudio de los elementos ambientales relacionados con la composición del agua; estos aspectos incluyen el impacto del clima, los factores geológicos y los factores bioquímicos. (Callata Callata, 2022).

- **La influencia del clima:** La cantidad y distribución de las precipitaciones, la temperatura y los cambios geológicos son algunos de los factores que



afectan la calidad del agua. El clima tiene un mayor impacto en algunos componentes iónicos del agua que en otros, como el bicarbonato, que es más común en aguas con abundante flora. (Vázquez, 2009).

- **Los factores geológicos:** Estas variables incluyen el tamaño y la claridad de los cristales, la porosidad y la textura de la roca, la estructura local y regional, el grado de fractura o agrietamiento, entre otras. El agua que se mueve a ciertas profundidades será más caliente que el agua cerca de la superficie terrestre porque la rugosidad de la roca aumenta con la profundidad. A diferencia de las aguas superficiales más frías, las aguas termales suelen tener un mayor contenido de solutos. (Vázquez, 2009).
- **Los factores bioquímicos.** - El término "factores biológicos" se refiere al grado en que los procesos vitales de plantas y animales influyen en la composición del agua. Ejemplos de estos procesos incluyen aquellos que utilizan la energía del sol u otra fuente para promover reacciones químicas energéticamente dependientes (como la fotosíntesis).
- La redistribución química de la energía almacenada, como el metabolismo.
- Las reacciones que favorecen la reducción y la oxidación químicas son ejemplos de procesos con escasa transferencia de energía. Existe una relación significativa entre la química del agua y la química del suelo, ya que algunas de las actividades que generan suelo también afectan la composición natural del agua. Ambos elementos están estrechamente relacionados, ya que gran parte de la precipitación atmosférica que llega a la Tierra cae sobre la superficie del suelo. (Buckman & Brady, 1960).

La parte que se manifiesta como agua subterránea o escorrentía generalmente interactúa con el suelo, y una parte significativa de ella ha sido humedad del suelo durante mucho tiempo. La disolución o modificación de silicatos u otros minerales, la precipitación de sales muy poco solubles (carbonato de calcio), la eliminación selectiva y el ciclo de nutrientes por las plantas, las reacciones bioquímicas que producen dióxido de carbono, la absorción y desorción de iones en superficies orgánicas y minerales, la concentración de solutos por evapotranspiración y la conversión de nitrógeno gaseoso en formas adecuadas para la alimentación de las plantas son algunos de los factores que afectan la composición química de la humedad del suelo. La creación de dióxido de carbono es uno de los más significativos; el aire en los intersticios del suelo es entre 10 y 1000 veces. (Buckman & Brady, 1960).

2.2.9. Uso de la tierra y su relación con la calidad de agua

Los recursos hídricos se ven afectados por la ganadería, uno de los patrones de uso del suelo más comunes. Desde una perspectiva química y bacteriana, el sobrepastoreo tiene efectos extremadamente perjudiciales. Los problemas de contaminación por nitratos surgen del creciente número de explotaciones agrícolas, ya que estos penetran en el suelo y lo deterioran. Esto conlleva el despilfarro de recursos hídricos y tierras productivas que podrían requerirse durante las sequías. (Alvarez Barajas, 2013).

El pastoreo de ganado ocupa aproximadamente el 25% de la superficie terrestre, lo que tiene un impacto sustancial en la cantidad y calidad del agua disponible. Además, la alimentación del ganado representa casi un tercio de la producción mundial de cereales. El mayor usuario de tierras del mundo es

la ganadería, que pronto podría superar a todas las demás actividades agrícolas en importancia económica. La disponibilidad estacional de agua verde se ve considerablemente afectada por las variaciones en el uso de la tierra y el deterioro de la estructura del suelo; el ganado contamina el agua con gérmenes peligrosos para la salud humana. (FAO, 2005).

2.2.10. La agricultura y su influencia en la calidad del agua

Es una de las actividades humanas que mayor impacto tiene en la cantidad y calidad del agua, ya que se utiliza excesivamente para regar los cultivos, lo que frecuentemente resulta en desperdicio. Grandes extensiones de humedales, la principal fuente de agua del mundo y las más vulnerables a la actividad humana, son frecuentemente aradas y deforestadas, lo que impacta en la disponibilidad de agua. Esto provoca la bajada del nivel de los ríos, que frecuentemente pasan de ser permanentes a semipermanentes o esporádicos, es decir, que solo fluyen durante períodos de fuertes lluvias. (Calla Navarro, 2019).

La calidad del agua también se ve gravemente afectada por la agricultura, ya que los fertilizantes y pesticidas utilizados en este proceso se filtran al suelo y contaminan considerablemente los ríos. Para eliminar los contaminantes, esto aumenta la complejidad y el costo de la purificación del agua. (Scarlet, 2017).

La principal fuente natural de sales minerales en el agua es la erosión de rocas y minerales. Otras fuentes secundarias incluyen la deposición atmosférica de sales oceánicas (sales en el agua de lluvia) y fertilizantes químicos, que se filtran en las fuentes de agua y también pueden afectar la calidad del agua de riego. (Sela, 2017).

Una de las industrias más comunes en el mundo, especialmente en las zonas rurales, es la agricultura. Dado que la agricultura utiliza alrededor del 70 % de los recursos hídricos mundiales, tiene un impacto sustancial en la calidad del agua y contribuye significativamente a su degradación. (Mendoza, 1996).

2.2.11. Parámetros de calidad del agua

Los indicadores de calidad de agua se pueden clasificar de diversas maneras:

2.2.11.1. Parámetros físico-químicos

Se basan en las características físicas o químicas del agua, como la temperatura, la DBO, el pH, las partículas en suspensión, etc., o una combinación de estas.

- a. Conductividad Eléctrica:** La capacidad del agua para conducir electricidad se conoce como conductividad eléctrica. Se relaciona con la presencia de sales disueltas, que pueden transferir energía eléctrica al exponerse a un campo eléctrico mediante disociación (Padilla Arzaluz, 2017). La concentración total de sales solubles en agua se expresa mediante la conductividad eléctrica, según Dorronsoro (2001). Las siguientes equivalencias se aplican al expresar la conductividad eléctrica en diversas magnitudes (Siemens/cm, mhos/cm): Un milimhos/cm equivale a 1000 μ S/cm.
- b. Temperatura:** Es un indicador de la calidad del agua que afecta el comportamiento de otros indicadores, como la conductividad eléctrica, el pH, el déficit de oxígeno y otras variables fisicoquímicas (Espinoza et al., 2014). Es crucial porque el aumento de la temperatura altera la solubilidad

de una sustancia, haciendo que los sólidos disueltos sean más solubles y los gases menos solubles. Según la ley Q10, la actividad biológica se duplica aproximadamente cada diez grados. El vertido de agua utilizado en sistemas industriales de intercambio de calor suele ser la causa de un aumento anormal de la temperatura del agua (debido a factores no climáticos). La termometría in situ se utiliza para medir la temperatura. (Jiménez & Barba, 2000).

- c. **Turbidez:** El grado en que las partículas en suspensión hacen que el agua pierda su transparencia se mide mediante la turbidez, que mide la claridad del agua. La turbidez mide la cantidad de partículas (arena, arcilla y otros residuos) suspendidas en el agua; cuanto mayor es la turbidez, más sucia parece el agua. Además, las partículas en suspensión facilitan la adhesión de pesticidas, metales pesados y otras sustancias orgánicas peligrosas. La turbidez del agua se ve influenciada por diversos factores, como las descargas directas en cuerpos de agua (aguas residuales), el sedimento depositado en el fondo, las partículas de tierra que flotan en el agua debido a la erosión y la escorrentía urbana. (Toro, 2011).
- d. **Potencial de Hidrogeno (pH):** Los iones de hidrógeno en el agua se miden en una escala de 0 a 14, siendo el pH 7 neutro. Al ser una escala logarítmica, cada unidad de pH corresponde a una potencia de acidez de diez. Las mediciones por debajo de 7 son ácidas, y las superiores, básicas (alcalinas). Los puntos críticos de mortalidad de los peces se encuentran aproximadamente entre pH 4 y pH 11. (Espinoza, y otros, 2014).
- e. **Oxígeno disuelto:** La buena calidad del agua se refleja en una alta concentración de oxígeno disuelto, indicador utilizado para medir la

contaminación por materia orgánica o residuos. La concentración de oxígeno disuelto disminuye, indicando una mala calidad del agua, si el suministro de agua está contaminado con bacterias, gérmenes y residuos orgánicos, lo que provoca olores desagradables. (Peña Pulla, 2007).

- f. **Nitrógeno Total:** El amonio, el nitrito, el nitrato y el nitrógeno orgánico se combinan para formar el nitrógeno total. La cantidad promedio de nitrógeno total en las aguas residuales domésticas es de 20 a 50 mg/L. (Cárdenas Calvachi & Sánchez Ortiz, 2013).
- g. **Amonio (NH_4):** El amoníaco ambiental se produce mediante procesos industriales, agrícolas y metabólicos, así como mediante la desinfección con cloramina. Si bien las aguas subterráneas anaeróbicas pueden contener hasta 3 mg/L y la ganadería intensiva puede producir concentraciones mucho mayores en las aguas superficiales, las cantidades naturales en las aguas subterráneas y superficiales suelen ser inferiores a 0,2 mg/L. (OMS, 2019).
- h. **Nitritos (NO_2):** Los nitritos se originan a partir de los procesos de mineralización y nitrificación de materiales orgánicos por bacterias en las aguas superficiales y de la penetración de descargas industriales y aguas residuales ricas en fertilizantes en los acuíferos subterráneos. (D'Angelo, 2016).
- i. **Nitrato (NO_3):** Las sales altamente solubles derivadas del nitrógeno se denominan nitratos. Los nitratos se encuentran principalmente en la agricultura, donde se utilizan como componente de insecticidas y fertilizantes que contienen nitrógeno. También provienen de vertidos de aguas residuales industriales y residuales, heces animales y aditivos

alimentarios como la carne y el pescado enlatados. El agua también contiene nitratos de forma natural, y la actividad humana puede aumentar su contenido. Dado que los nitratos se disuelven fácilmente en el agua, entran en el suministro de agua potable sin añadir sabor ni olor. (D'Angelo, 2016).

- j. **Fósforo Total (FT):** La cantidad de fósforo presente en los sistemas acuáticos, tanto en forma orgánica como inorgánica, disuelta y particulada, se mide mediante la concentración total de fósforo. La suma de los compuestos presentes en las tres formas de fósforo se conoce como fósforo total. El contenido total de fósforo en las aguas residuales domésticas oscila entre 5 y 15 mg/L. Es fundamental recordar que el desarrollo excesivo de algas en las aguas receptoras puede deberse al aporte de nitrógeno y fósforo. (Teixeira Correia, Sánchez Ortiz, Dib, Dall'Aglio Sobrinho, & Matsumoto).
- k. **Fosfato (PO₄):** El tipo de fósforo más frecuente en el agua son los fosfatos. Pueden estar presentes en animales acuáticos, en solución o en forma de partículas. El fósforo puede provenir de diversas fuentes, aunque se encuentra con mayor frecuencia en detergentes para ropa y otros productos de limpieza en general. (Vargas Mora, 2003).
- l. **Sulfato (SO₄):** Dado que los sulfatos suelen ser sales hidrosolubles, se encuentran en diversas cantidades en los cursos de agua naturales y están ampliamente distribuidos en la naturaleza. La disolución de la caliza, presente en el suelo, en las aguas subterráneas es la principal causa de su génesis. (Bustamante Pesantes, 2015).

m. Demanda Química de Oxígeno (DQO): Al igual que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) ofrece un indicador para evaluar el impacto que las aguas residuales vertidas tendrán en el medio receptor, lo que la convierte en una medida crucial de la calidad del agua. Un mayor contenido de materia orgánica oxidable en la muestra se indica mediante valores más altos de DQO, lo que reduce los niveles de oxígeno disuelto (OD). Las condiciones anaeróbicas, perjudiciales para las formas superiores de vida acuática, pueden resultar de una disminución del OD. (Astonitas Fernandez).

n. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO): Es la cantidad de oxígeno, medida en miligramos por litro, que necesitan los organismos unicelulares para descomponer la materia orgánica. Se emplea para medir el nivel de contaminación orgánica en aguas residuales. El valor de DBO, comúnmente utilizado como indicador del nivel de contaminación orgánica en el agua, se expresa típicamente en miligramos de oxígeno utilizados por litro de muestra durante cinco días de incubación a 20 °C. (Cisterna Osorio & Peña, 2017).

2.2.11.2. Parámetros microbiológicos

Dado que permiten detectar microorganismos patógenos o indicios de contaminación fecal, los parámetros microbiológicos son marcadores esenciales para evaluar la calidad sanitaria del agua. Debido al uso de estiércol animal, aguas residuales sin tratar y escorrentías agrícolas contaminadas, las actividades agrícolas y ganaderas son una fuente importante de contaminación microbiológica. (WHO, 2021).

- a. **Coliformes totales:** Grupo de bacterias presentes en el intestino de animales y humanos; su presencia indica contaminación general del agua por materia orgánica o residuos biológicos (WHO, 2021).
- b. **Coliformes termotolerantes (fecales):** Subgrupo de coliformes que crecen a 44,5 °C; indican contaminación reciente por heces humanas o animales. Incluye *E. coli*, considerada el indicador más confiable de contaminación fecal (MINAM, 2017).

2.2.12. Actividades agrícolas y su relación con la calidad del agua

Las actividades agrícolas comprenden un conjunto de prácticas productivas destinadas al cultivo de alimentos y forrajes, las cuales, si no se gestionan adecuadamente, pueden convertirse en una fuente importante de contaminación difusa que degrada la calidad del agua superficial y subterránea (FAO, 2018). Dichas actividades incluyen el uso de fertilizantes químicos y orgánicos, la aplicación de plaguicidas, el manejo inadecuado de residuos agrícolas, el riego por inundación y la deforestación de suelos agrícolas, todos los cuales alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua (MINAM, 2017).

En los sistemas agrícolas tradicionales y modernos del Perú, el empleo de fertilizantes nitrogenados y fosfatados como: urea, nitrato de amonio y fosfato diamónico, tiene como objetivo incrementar la productividad, pero su exceso ocasiona acumulación de nutrientes en el suelo y lixiviación hacia los ríos, elevando las concentraciones de nitratos (NO_3^-) y fosfatos (PO_4^{3-}). Estos compuestos estimulan el crecimiento de algas y microorganismos acuáticos, generando procesos de eutrofización y disminución del oxígeno disuelto (OD), lo cual afecta la fauna acuática. De acuerdo con el ECA Agua (DS N.º 004-

2017-MINAM), los límites máximos permisibles son 10 mg/L para nitratos y 0,1 mg/L para fosfatos, valores que son superados con frecuencia en zonas agrícolas intensivas (García & Pérez, 2021).

Tabla 4

Relación entre actividades agrícolas y la calidad del agua superficial.

Actividad agrícola	Fuente de contaminación	Efectos sobre la calidad del agua	Consecuencias ambientales
Uso excesivo de fertilizantes (N, P)	Escorrentía y lixiviación de suelos agrícolas.	Aumento de nitratos (>10 mg/L) y fosfatos (>0.1 mg/L).	Eutrofización, proliferación de algas, disminución del OD.
Aplicación de plaguicidas	Escorrentía y arrastre de agroquímicos al río.	Presencia de organofosforados (0.15–0.28 µg/L).	Toxicidad crónica, bioacumulación, pérdida de biodiversidad.
Manejo inadecuado de estiércoles y residuos agrícolas	Descarga directa o escorrentía de aguas contaminadas.	Elevación de DBO ₅ (>5 mg/L) y coliformes (>10 ³ NMP/100 mL).	Contaminación fecal, reducción del OD, riesgo sanitario.
Riego por inundación y labranza intensiva	Erosión y transporte de sedimentos.	Incremento de turbidez (>20 NTU) y SST.	Colmatación de cauces, reducción de hábitat acuático.
Deforestación y pérdida de cobertura vegetal	Exposición del suelo a lluvias y escorrentía.	Arrastre de nutrientes y partículas hacia cuerpos de agua.	Aumento de la carga difusa y pérdida de suelos fértiles.

Nota. Tabla extraída de “El impacto de los insecticidas y herbicidas en la biodiversidad y la productividad de las comunidades acuáticas”, citado por Relyea, y Hoverman (2018).

2.2.13. Tipos de cultivo predominantes en el altiplano

La actividad agrícola en el altiplano peruano constituye una de las principales fuentes de sustento económico y alimentario para la población

rural. Sin embargo, su desarrollo se ve condicionado por factores climáticos, edáficos y altitudinales, lo que determina la predominancia de cultivos resistentes al frío y a las heladas (MINAGRI, 2020). En esta región, los sistemas agrícolas son de tipo tradicional y de subsistencia, caracterizados por el uso intensivo de suelo, la rotación de cultivos y el empleo combinado de fertilizantes químicos y abonos orgánicos (FAO, 2018).

Tabla 5

Cultivos predominantes en el altiplano y su influencia en la calidad del agua.

Cultivo predominante	Uso principal	Requerimientos agrícolas comunes	Impacto potencial sobre la calidad del agua
Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	Alimentario y comercial	Fertilización intensiva con N y P; uso de plaguicidas.	Elevación de nitratos y fosfatos; riesgo de eutrofización.
Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	Alimentación animal y humana	Riego por inundación; labranza en pendiente.	Incremento de turbidez y sólidos suspendidos.
Avena forrajera (<i>Avena sativa</i>)	Forraje ganadero	Aplicación de abonos orgánicos y riego superficial.	Escorrentía con nutrientes y coliformes fecales.
Quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>)	Alimentario y de exportación	Fertilización moderada; uso de herbicidas.	Aumento de residuos químicos en agua y suelo.
Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	Forraje permanente	Fertilización nitrogenada; riego por aspersión.	Filtración de nitratos a aguas subterráneas.

Nota. Tabla extraída de “Contaminación difusa agrícola en cuencas del altiplano puneño”, citado por Torres y Mamani (2020).

2.2.14. Uso de agroquímicos en la agricultura altoandina y su efecto en el agua

El uso de agroquímicos que incluye fertilizantes, plaguicidas, herbicidas y fungicidas, constituye una práctica común en la agricultura del altiplano

peruano, donde los suelos presentan baja fertilidad natural y las condiciones climáticas limitan los rendimientos agrícolas (MINAGRI, 2020). Estos productos son aplicados con la finalidad de mejorar la productividad y controlar plagas, pero su manejo inadecuado genera impactos negativos en los ecosistemas acuáticos y terrestres (FAO, 2018). Según García y Pérez (2021), el 70 % de la contaminación difusa en aguas rurales de Sudamérica proviene del uso indiscriminado de agroquímicos, especialmente nitratos, fosfatos y compuestos organofosforados.

Tabla 6

Uso de agroquímicos en la agricultura altoandina y sus efectos sobre la calidad del agua.

Tipo de agroquímico	Uso agrícola común	Efectos sobre el agua superficial	Consecuencias ambientales
Fertilizantes nitrogenados (urea, nitrato de amonio).	Incrementar el rendimiento de cultivos de papa, cebada y quinua.	Elevan los nitratos en el agua (>30 mg/L).	Eutrofización y reducción del OD.
Fertilizantes fosfatados (DAP, superfosfato triple).	Mejorar la floración y desarrollo radicular.	Aumentan fosfatos (>1,0 mg/L).	Proliferación de algas y pérdida de biodiversidad acuática.
Plaguicidas organofosforados (clorpirifos, malatión).	Control de insectos en cultivos de papa y avena.	Residuos en agua (0,12–0,26 µg/L).	Toxicidad aguda y bioacumulación en peces e invertebrados.
Herbicidas y fungicidas (paraquat, mancozeb).	Control de malezas y hongos en papa y quinua.	Aumentan la carga química del agua; persistencia en sedimentos.	Alteración de microorganismos acuáticos y pérdida de fertilidad del suelo.
Abonos orgánicos y estiércol animal	Fertilización natural del suelo.	Incrementan DBO ₅ (>6 mg/L) y coliformes fecales.	Contaminación fecal y riesgo sanitario.

Nota. Tabla extraída de “Evaluación de la contaminación de aguas superficiales por el uso de agroquímicos en zonas rurales del sur del Perú”, citado por Arana y Paredes (2019).

2.2.15. Prácticas agrícolas sostenibles para la protección del recurso hídrico

La agricultura sostenible busca equilibrar la producción de alimentos con la conservación de los recursos naturales, asegurando la protección de los suelos, el agua y la biodiversidad. En el contexto de las zonas altoandinas, donde la agricultura constituye la principal fuente de subsistencia, la adopción de prácticas agrícolas sostenibles se convierte en una necesidad para mitigar la contaminación difusa y garantizar la calidad del recurso hídrico (FAO, 2018). Según Tilman et al. (2019), las prácticas sostenibles permiten reducir entre un 40 % y 60 % las pérdidas de nutrientes al agua, sin afectar los rendimientos agrícolas, mediante una gestión eficiente del suelo y los insumos agroquímicos.

Tabla 7

Prácticas agrícolas sostenibles y su contribución a la protección del recurso hídrico.

Práctica sostenible	Descripción	Beneficios sobre la calidad del agua
Manejo integrado de nutrientes (MIN)	Aplicación balanceada de abonos orgánicos y fertilizantes minerales, según las necesidades del cultivo.	Reduce lixiviación de nitratos y fosfatos; mejora la fertilidad del suelo.
Manejo integrado de plagas (MIP)	Uso de enemigos naturales, rotación de cultivos y control biológico en lugar de pesticidas sintéticos.	Disminuye la toxicidad del agua y la bioacumulación de plaguicidas.
Riego tecnificado (aspersión o goteo)	Sustituye el riego por inundación, optimizando el uso del agua.	Reduce escorrentía agrícola y lixiviación de agroquímicos.
Barreras vegetales y terrazas de infiltración	Franjas de vegetación o estructuras en contorno de laderas agrícolas.	Filtran sedimentos y nutrientes; previenen la erosión.

Agricultura de conservación	Siembra directa, cobertura del suelo y rotación de cultivos.	Disminuye erosión, turbidez y pérdida de materia orgánica.
Educación ambiental y gestión comunitaria	Capacitación y participación de agricultores y JASS en el manejo de recursos hídricos.	Fortalece la conciencia ambiental y promueve prácticas sostenibles.

Nota. Tabla extraída de “Caracterización agroecológica de cultivos predominantes en el altiplano puneño”, citado por Mamani y Callata (2021).

Finalmente, la educación ambiental y la gestión participativa del agua son componentes esenciales para garantizar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas. La participación de los agricultores, comunidades y Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) en programas de monitoreo y capacitación permite mejorar la conciencia ambiental y adoptar medidas preventivas frente a la contaminación (MINAM, 2017).

2.3. MARCO CONCEPTUAL.

2.3.1. Contaminación agrícola

Se entiende por contaminación agrícola al proceso mediante el cual las actividades agropecuarias introducen al medio ambiente sustancias químicas, biológicas o físicas que deterioran la calidad del agua, del suelo y del aire. Esta contaminación se genera principalmente por el uso inadecuado de fertilizantes, plaguicidas, estiércol animal y residuos agrícolas, que son transportados hacia los cuerpos de agua por escorrentía, infiltración o drenaje (Zalidis, Stamatiadis, Takavakoglou, Eskridge, & Misopolinos, 2017).

2.3.2. Actividades agrícolas

Comprenden todas las labores destinadas al cultivo del suelo para la producción de alimentos o forrajes, incluyendo la siembra, riego, fertilización, aplicación de pesticidas y cosecha (MINAGRI, 2020). En la región altiplánica,

los cultivos predominantes son: papa, cebada, avena, quinua y alfalfa, se desarrollan bajo sistemas tradicionales y de subsistencia. Sin embargo, el incremento del uso de agroquímicos ha generado impactos ambientales notables, especialmente en las fuentes hídricas cercanas (Quispe R. , 2021).

2.3.3. Agroquímicos

Los agroquímicos son productos químicos empleados en la agricultura para mejorar el rendimiento de los cultivos, entre los cuales se incluyen fertilizantes, plaguicidas, herbicidas y fungicidas (FAO, 2018).

2.3.4. Calidad del agua superficial

Se define como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan la aptitud del agua para un uso específico, como riego, consumo humano, recreación o preservación de la vida acuática (MINAM, 2017). Esta calidad se evalúa mediante parámetros fisicoquímicos (pH, oxígeno disuelto, DBO₅, nitratos, fosfatos, conductividad eléctrica, turbidez) y microbiológicos (coliformes totales y termotolerantes) (WHO, 2021).

2.3.5. Eutrofización

La eutrofización es el proceso de enriquecimiento excesivo de nutrientes (nitrógeno y fósforo) en cuerpos de agua, causado principalmente por el uso intensivo de fertilizantes agrícolas y descargas orgánica. Este fenómeno genera una proliferación de algas y plantas acuáticas, que al descomponerse reducen el oxígeno disuelto, provocando anoxia, mortalidad de peces y pérdida de biodiversidad acuática (Smith, Schindler, & Tilman, 2020).

2.3.6. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos son indicadores que permiten evaluar la calidad del agua desde una perspectiva tanto química como física. Entre ellos

se encuentran el pH, el oxígeno disuelto (OD), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_2), la conductividad eléctrica (CE), los nitratos, los fosfatos, la turbidez y los sólidos suspendidos totales (SST). (MINAM, 2017).

2.3.7. Parámetros microbiológicos

Los indicadores de contaminación fecal y sanitaria del agua incluyen mediciones microbiológicas, como coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Un nivel elevado sugiere la presencia de excrementos o residuos orgánicos de explotaciones agrícolas. (EPA, 2020).

2.3.8. Contaminación difusa agrícola

Se denomina contaminación difusa agrícola al conjunto de contaminantes que ingresan al agua desde múltiples fuentes dispersas en el territorio agrícola, sin un punto de descarga definido. Este tipo de contaminación se diferencia de la puntual (vertimientos directos) y depende de las condiciones de precipitación, pendiente del terreno y prácticas de manejo del suelo (Zalidis, Stamatiadis, Takavakoglou, Eskridge, & Misopolinos, 2017).

2.3.9. Gestión sostenible del recurso hídrico

La gestión sostenible del recurso hídrico consiste en administrar el agua de manera que se satisfagan las necesidades actuales sin comprometer la disponibilidad futura. Implica el control de la contaminación, la eficiencia en el uso del agua y la participación de los actores locales (ANA, 2020).

2.3.10. Impacto ambiental

Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea favorable o desfavorable, provocado por las actividades humanas se denomina impacto ambiental. La degradación de la calidad del agua del río Palca como resultado de las actividades agrícolas es la manifestación del impacto ambiental en el estudio,



determinada por la fluctuación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. (MINAM, 2015).

2.3.11. Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Para salvaguardar la vida acuática, la salud humana y los diferentes usos de los recursos hídricos, la Norma de Calidad Ambiental (NCA) del Agua es una herramienta técnica y regulatoria que establece los límites máximos permisibles de concentración de contaminantes en cuerpos de agua naturales. El Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM regula esta norma en el Perú y establece cuatro categorías de uso: Categoría 1 (residencial y recreativo), Categoría 2 (agrícola y ganadero), Categoría 3 (protección del medio acuático) y Categoría 4 (industrial). (MINAM, 2017).

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la presente investigación es no experimental, dado que no se manipularán las variables de estudio, sino que se observarán y analizarán en su contexto natural (Hernández, Fernández, & Baptista, 2022). Se recolectarán datos en un solo momento temporal, con el propósito de evaluar la relación existente entre las actividades agrícolas y la calidad del agua superficial del río Palca, sin intervenir en las condiciones ambientales o socioeconómicas de la zona. Este diseño permite describir el estado actual de la contaminación, identificar los contaminantes predominantes y analizar su relación con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del recurso hídrico.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es aplicada, porque busca generar conocimiento útil orientado a la solución de problemas ambientales reales, específicamente la contaminación del agua superficial por actividades agrícolas en el distrito de Lampa. Además, es cuantitativa, ya que emplea la recolección y el análisis de datos numéricos obtenidos mediante monitoreos

de campo y los análisis de laboratorio, con el fin de medir los niveles de contaminación y compararlos con los valores establecidos por el ECA Agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM). Los resultados permitirán proponer estrategias técnicas de mitigación y manejo sostenible de los recursos hídricos.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de la investigación es descriptivo-correlaciona.

- En su fase descriptiva, se identificarán las principales actividades agrícolas de la cuenca y se determinarán los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial del río Palca.
- En su fase correlacional, se analizará la relación entre dichas actividades y los niveles de contaminación observados, evaluando su grado de influencia sobre la calidad del recurso hídrico (Tamayo, 2021).

3.4. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

La investigación adopta un enfoque mixto, debido a que integra componentes cuantitativos y cualitativos para lograr una evaluación integral del impacto de las actividades agrícolas en la calidad del agua superficial del río Palca. El enfoque cuantitativo se aplica mediante la medición y análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua en distintos puntos de muestreo, cuyos resultados numéricos son comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, permitiendo determinar el nivel de cumplimiento normativo. Por su parte, el enfoque cualitativo se emplea en la identificación y caracterización de las actividades agrícolas desarrolladas en la cuenca, considerando prácticas productivas, uso de fertilizantes y manejo

de residuos, lo que permite interpretar y explicar las posibles fuentes de contaminación. La combinación de ambos enfoques posibilita una comprensión más completa del problema ambiental, al relacionar los resultados analíticos del laboratorio con el contexto antrópico del área de estudio.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

La población de la investigación está constituida por la totalidad de las fuentes de agua superficial pertenecientes al río Palca, en el distrito de Lampa, provincia de Lampa, región Puno, así como por las áreas agrícolas colindantes que desarrollan actividades productivas con uso de agroquímicos, riego y manejo de suelos. Esta población abarca el curso completo del río, desde su zona alta (naciente), pasando por la zona media (sector agrícola intermedio), hasta la zona baja (zona de confluencia y descarga). De esta manera, la población incluye todas las secciones del río potencialmente afectadas por las actividades agrícolas, que constituyen la principal fuente de contaminación difusa en la cuenca (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014).

3.5.2. Muestra

La muestra está conformada por tres puntos representativos de muestreo seleccionados de manera intencionada, considerando la distribución longitudinal del río y la intensidad de las actividades agrícolas en cada tramo. Los puntos son los siguientes:

- P1 – Zona alta: corresponde a la parte naciente del río Palca, caracterizada por mínima intervención agrícola; se considerará como punto de referencia o control.
- P2 – Zona media: representa la parte intermedia del río, donde existen cultivos de papa, cebada y quinua, con aplicación de fertilizantes y plaguicidas.
- P3 – Zona baja: corresponde a la parte final del cauce, próxima a la confluencia con el río Lampa, donde se concentran las actividades agrícolas intensivas y mayor uso de agroquímicos.

En cada punto de muestreo se realizará la recolección de muestras de agua superficial en recipientes estériles para el análisis de parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, DBO_5 , nitratos, fosfatos y turbidez) y parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes). Además, se recopilará información complementaria sobre las actividades agrícolas predominantes mediante observación directa y entrevistas a agricultores locales.

La selección de tres puntos representativos permite obtener una caracterización integral del estado de la calidad del agua del río Palca, estableciendo la tendencia espacial de la contaminación desde la parte alta hasta la baja del cauce, y evaluando así el impacto de las actividades agrícolas sobre las fuentes de agua superficial.

3.6. Materiales y equipos

Los materiales, equipos e insumos utilizados en la presente investigación fueron fundamentales para la recolección, conservación,

transporte y análisis de las muestras de agua superficial del río Palca, así como para el registro de las actividades agrícolas relacionadas.

a. Materiales

- Frascos de vidrio y plástico estériles.
- Placas Petri estériles.
- Pipetas automáticas y manuales.
- Tubos de ensayo.
- Probetas graduadas (10, 50, 100 mL).
- Frascos de cultivo.
- Matraces aforados.
- Guantes de látex y nitrilo.
- Matraz Erlenmeyer.
- Mascarillas.
- Buretas.
- Etiquetas adhesivas impermeables.
- Embudos de vidrio.
- Marcadores permanentes.
- Agitador magnético.
- Cooler.
- Cuaderno de campo.

b. Equipos

- Espectrofotómetro UV–Visible.
- Multiparámetro portátil.
- Turbidímetro de laboratorio.
- Equipo de cómputo.
- Incubadora bacteriológica.
- Cámara fotográfica.
- Estufa de secado.
- GPS portátil.
- Balanza analítica de precisión.
- Equipo de protección personal (EPP).
- Autoclave.
- Refrigeradora para conservación de reactivos y muestras.

c. Insumos

- Reactivos químicos certificados: ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (HNO_3), hidróxido de sodio (NaOH), reactivo de Nessler, reactivo de molibdato de amonio, cloruro de potasio (KCl), sulfato de manganeso (MnSO_4), entre otros.
- Medios de cultivo y reactivos: Caldo EC, Caldo Lauril Sulfato Triptosa, Reactivo de Kovacs.
- Soluciones buffer para calibración de pH (4.0 – 7.0 – 10.0).
- Agua destilada y desionizada.
- Muestra de agua del río Palca.

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

En la presente investigación, las técnicas e instrumentos empleados permitieron obtener datos cuantitativos sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, así como sobre las actividades agrícolas desarrolladas en la cuenca del río Palca.

3.7.1. Técnicas

En este estudio se utilizaron las siguientes técnicas para la recolección y análisis de la información:

- **Observación directa:** Se aplicó para identificar y registrar las principales actividades agrícolas realizadas en las zonas alta, media y baja del río Palca, así como el uso de fertilizantes, plaguicidas, sistemas de riego y disposición de residuos agrícolas. Esta técnica permitió describir las prácticas que podrían influir en la calidad del agua superficial.
- **Muestreo de campo:** Se utilizó para obtener las muestras de agua superficial del río Palca en tres puntos representativos (zona alta, media

y baja). Las muestras se recolectaron siguiendo los procedimientos del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (ANA, 2020), garantizando la representatividad espacial y temporal de los datos.

- **Análisis de laboratorio:** Se empleó para determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, conforme a los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017). Esta técnica permitió cuantificar el nivel de contaminación en las fuentes de agua.
- **Revisión documental:** Se aplicó para recopilar y analizar información secundaria relacionada con la normativa ambiental vigente, antecedentes técnicos del río Palca, y reportes de la Autoridad Nacional del Agua y el MINAM, permitiendo contrastar los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

3.7.2. Instrumentos

En correspondencia con las técnicas aplicadas, los instrumentos de recolección de datos fueron los siguientes:

- **Guía de observación de campo:** Instrumento asociado a la observación directa, que permitió registrar de manera ordenada las prácticas agrícolas, tipo de cultivo, uso de agroquímicos, frecuencia de riego y posibles fuentes de contaminación difusa en las zonas evaluadas.
- **Ficha de muestreo de agua:** Vinculada al muestreo de campo, utilizada para anotar datos in situ como coordenadas geográficas (GPS), temperatura, pH, conductividad, turbidez, condiciones meteorológicas y observaciones del entorno inmediato al punto de muestreo.

- **Ficha de análisis de laboratorio:** Relacionada con el análisis de laboratorio, donde se registraron los resultados de cada parámetro fisicoquímico y microbiológico. Este instrumento garantizó la trazabilidad de las muestras desde su recolección hasta el procesamiento final.
- **Lista de verificación normativa:** Asociada a la revisión documental, basada en los valores de referencia del ECA Agua, empleada para comparar los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles y evaluar el grado de cumplimiento ambiental.

3.8. LUGAR DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en la cuenca del río Palca, ubicada en el distrito de Lampa, provincia de Lampa, región Puno, al sureste del Perú. El río Palca constituye uno de los principales afluentes del río Lampa, el cual forma parte de la subcuenca del río Coata, que a su vez desemboca en el lago Titicaca. Esta cuenca es de vital importancia para las comunidades locales, ya que sus aguas se emplean para riego agrícola, consumo pecuario y actividades domésticas.

El área pertenece a la región hidrográfica del Titicaca, y su geología está compuesta principalmente por depósitos aluviales, suelos franco-arenosos y material coluvial, que favorecen la infiltración de agua y el transporte de nutrientes. La vegetación predominante es de tipo pajonal altoandino, combinada con zonas de cultivo en terrazas tradicionales. Las comunidades aledañas dependen principalmente de la agricultura y la ganadería, actividades que constituyen la base económica del distrito, pero también representan las principales fuentes de contaminación difusa agrícola.

Tabla 8*Coordenadas del lugar de estudio del río Palca – Lampa.*

Código	Ubicación/Lugar	Zona	Coordenadas	
			Este	Norte
P-01	Río Palca - Lampa	19L	330117.00	8304018.00

Este punto se localizó utilizando un GPS portátil, registrándose sus coordenadas en el sistema UTM, zona 19L, con valores de Este: 330117.00 y Norte: 8304018.00. La elección del sitio respondió a criterios de accesibilidad, representatividad hidrológica y presencia de actividades agrícolas cercanas, que podrían influir en la calidad del agua superficial.

La figura 1 muestra la localización espacial del lugar de estudio mediante una vista satelital obtenida de Google Earth (2025), donde se observa el recorrido del río Palca y su entorno geográfico inmediato. Esta imagen permite visualizar la relación entre el cauce principal y las zonas agrícolas adyacentes, facilitando la interpretación espacial de las condiciones ambientales que inciden en la calidad del recurso hídrico.

Figura 1

Localización geográfica del lugar de estudio P-01 en el río Palca – Lampa.



Nota. Google Earth.

3.9. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.9.1. Procedimiento para el objetivo específico 1: Identificar las principales actividades agrícolas y los contaminantes asociados en la cuenca del río Palca.

Para cumplir con el presente objetivo se desarrolló un procedimiento metodológico estructurado que combinó observaciones de campo y entrevistas semiestructuradas a los agricultores de las zonas alta, media y

baja. Las actividades se realizaron el 5 de octubre de 2025, durante la campaña agrícola en curso, cuando los cultivos se encontraban en las fases de desarrollo vegetativo, floración y cosecha, según la zona. Este procedimiento permitió obtener información detallada sobre los tipos de cultivo, prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol, sistemas de riego y condiciones ambientales que podrían influir en la calidad del agua superficial del río Palca.

a. Delimitación de zonas de estudio:

Se definieron tres zonas de evaluación: alta, media y baja en función de la altitud y la ubicación de los sectores agrícolas próximos al cauce del río Palca. En cada zona se seleccionaron parcelas representativas para la toma de datos.

b. Reconocimiento de campo:

Se realizó una visita preliminar a la cuenca para observar las condiciones generales del terreno, la disposición de los cultivos, los canales de riego y las prácticas de manejo agrícola desarrolladas por los productores locales.

A continuación, en la figura 2 se muestra el tramo correspondiente a la zona alta del río Palca, caracterizada por un paisaje de alta montaña con cobertura vegetal predominante de pastizales naturales (ichu) y ausencia de actividades agrícolas intensivas.

Durante el reconocimiento de campo se verificó que las aguas presentan buena transparencia y bajo nivel de alteración antrópica, lo que la convierte en el punto de referencia para evaluar la influencia de las prácticas agrícolas en las zonas media y baja.

Figura 2

Reconocimiento de campo en la zona alta del río Palca – Lampa.



Este registro permitió identificar las condiciones naturales del cauce y establecer la ubicación de los puntos de muestreo.

c. Aplicación del checklist de observación directa:

Se aplicó una lista de verificación de campo en cada zona, registrando información sobre los tipos de cultivos, sistemas de riego, uso de fertilizantes y plaguicidas, manejo del estiércol, cobertura del suelo, pendiente del terreno y distancia al río. Los datos se anotaron en fichas estandarizadas.

Figura 3

Modelo del Checklist de observación de campo aplicado en la cuenca del río Palca – Lampa.

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. Lista de verificación (Checklist de observación de campo)

Objetivo: Registrar de manera sistemática las actividades agrícolas, uso de agroquímicos, prácticas de riego y condiciones del entorno en las zonas alta, media y baja del río Palca – Lampa.

Zona de estudio: ☐ Alta ☐ Media ☐ Baja

Código de parcela: _____ Fecha: ____/____/2008

Item observado	Opciones / Descripción	Observaciones
Cultivo principal	☐ Papa ☐ Cebada ☐ Quinoa ☐ Avena ☐ Alfalfa ☐ Otro _____	
Escala técnica	☐ Sembrado ☐ Escarado ☐ Fertilizado ☐ Cosechado	
Tipo de riego	☐ Inundación ☐ Aspersión ☐ Goteo ☐ Frecuencia: _____	
Uso de fertilizantes	☐ Urea ☐ Fosfato ☐ DAP ☐ Otro _____	
Uso de pesticidas/insecticidas	☐ Rotación ☐ Fumigación ☐ Otro _____	
Existencia de plagas	☐ Sí ☐ No	
Cobertura del suelo	☐ Húmedo ☐ Seco ☐ Sin cobertura	
Presencia del viento	☐ Bajo ☐ Medio ☐ Alto	
Distancia al río	☐ < 50 m ☐ 50-100 m ☐ > 100 m	
Estado vegetal	☐ Siembra ☐ No ☐ Ma	
Existencia de agua	☐ Sí ☐ No	

Atestado de: ☐ Observador ☐ Investigador

Responsable de campo: _____

El checklist de observación de campo fue el instrumento empleado para registrar de manera sistemática las actividades agrícolas, el uso de agroquímicos, los sistemas de riego y las condiciones ambientales de las zonas alta, media y baja del río Palca. Este formato permitió identificar las prácticas de manejo agronómico que podrían contribuir a la contaminación difusa del agua superficial. La información obtenida sirvió como base para el análisis comparativo de las condiciones agrícolas entre las tres zonas de estudio.

d. Aplicación de entrevistas semiestructuradas:

Se entrevistó a 10 agricultores locales (3 en la zona alta, 4 en la media y 3 en la baja) con el propósito de conocer de manera cualitativa las prácticas agrícolas, el uso de insumos y la percepción de los productores respecto a la calidad del agua del río Palca.

Figura 4

Modelo del Guía de entrevista semiestructurada aplicada a agricultores de la cuenca del río Palca – Lampa.

2. Guía de entrevista semiestructurada a agricultores	
Objetivo: Obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca.	
1. ¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?	8. ¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?
Respuesta: _____	Respuesta: _____
2. ¿Qué tipo de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?	9. ¿Qué medidas cree que podrían ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río Palca?
Respuesta: _____	Respuesta: _____
3. ¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?	Entrevistador: _____ Fecha: ____ / ____ / 2025
Respuesta: _____	
4. ¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente? ¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?	
Respuesta: _____	
5. ¿Cómo maneja el estiércol del ganado? ¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?	
Respuesta: _____	
6. ¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río? ¿De qué ancho aproximadamente?	
Respuesta: _____	
7. ¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?	
Respuesta: _____	

La guía de entrevista semiestructurada fue utilizada para recoger información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, el uso de fertilizantes y plaguicidas, el manejo del estiércol y la percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca. Este instrumento permitió profundizar en las dinámicas productivas locales y en los posibles factores humanos que contribuyen a la contaminación del recurso hídrico. Las entrevistas fueron aplicadas a diez agricultores distribuidos en las zonas alta, media y baja de la cuenca, complementando la información obtenida mediante la observación directa en campo.

e. Registro fotográfico y georreferenciación:

Se tomaron fotografías de las áreas de cultivo, los canales de riego y las condiciones de borde ribereño, además de registrar las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo mediante GPS.

f. Organización y análisis de la información:

Los datos recolectados se sistematizaron en tablas comparativas según zona de estudio, identificando las principales fuentes potenciales de contaminación agrícola y estableciendo un gradiente de riesgo ambiental en la cuenca del río Palca.

3.9.2. Procedimiento para el objetivo específico 2: Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en diferentes puntos del río Palca.

Para el cumplimiento de este objetivo, se realizó un procedimiento sistemático orientado a obtener datos confiables sobre la calidad del agua superficial del río Palca, considerando tres zonas de estudio (alta, media y baja) representativas de las variaciones en las actividades agrícolas y condiciones ambientales de la cuenca. El trabajo se desarrolló en dos jornadas de monitoreo, efectuadas los días 5 y 8 de octubre de 2025, bajo condiciones meteorológicas estables. Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos fueron ejecutados en el Laboratorio de Análisis Químico Ambiental LAQUAMEQ E.I.R.L., siguiendo los protocolos establecidos en las normas técnicas peruanas y metodologías estándar de análisis de agua.

a. Selección de puntos de muestreo:

Se definieron tres estaciones de monitoreo: M1 (zona alta), M2 (zona media) y M3 (zona baja), considerando accesibilidad, presencia de actividad agrícola y flujo de agua representativo.

b. Recolección de muestras:

Se recolectaron muestras de agua superficial en frascos de polietileno de 1 litro previamente lavados con agua destilada y enjuagados con el agua del sitio. Para el análisis microbiológico se utilizaron frascos esterilizados de vidrio ámbar de 250 mL, conservados en hielo a 4 °C.

Figura 5

Recojo de muestra de agua superficial del río Palca – Lampa (05 de octubre de 2025).



En la imagen se observa el proceso de toma de muestra de agua superficial realizado en la zona alta del río Palca, utilizando frascos estériles y siguiendo los protocolos de muestreo establecidos por las normas técnicas peruanas.

c. Medición in situ:

En campo se midieron los parámetros de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y turbidez (NTU) mediante equipos portátiles calibrados antes de cada uso.

d. Preservación y transporte:

Las muestras destinadas al laboratorio se conservaron con refrigeración y fueron transportadas en cajas térmicas al laboratorio LAQUAMEQ E.I.R.L. en un tiempo máximo de 6 horas, cumpliendo con los lineamientos del DS N.° 004-2017-MINAM.

e. Análisis fisicoquímico:

En laboratorio se determinaron los parámetros de oxígeno disuelto (mg/L), demanda bioquímica de oxígeno – DBO_5 (mg/L), demanda química de oxígeno – DQO (mg/L), nitratos (mg/L) y fosfatos (mg/L), aplicando métodos normalizados de la APHA (Standard Methods, 2017).

f. Análisis microbiológico:

Para la determinación de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) se utilizó el método de fermentación en tubos múltiples, incubando las muestras a 44.5°C durante 24 horas, identificando la formación de gas y coloración.

g. Procesamiento y análisis de datos:

Los resultados obtenidos fueron organizados en tablas comparativas por zona y fecha, y posteriormente se calcularon los promedios generales de cada parámetro para su interpretación.

h. Comparación con estándares:

Finalmente, los valores promedio se compararon con los límites establecidos en el ECA para Agua – Categoría 4, Subcategoría E2: “Ríos”, a

fin de evaluar el grado de cumplimiento y determinar la calidad del recurso hídrico del río Palca.

3.9.3. Procedimiento para el objetivo específico 3: Analizar la relación entre las actividades agrícolas y los niveles de contaminación determinados en las fuentes de agua superficial, estableciendo el grado de impacto sobre la calidad del recurso hídrico.

Para cumplir con este objetivo, se desarrolló un procedimiento metodológico orientado a establecer la relación entre las prácticas agrícolas y los niveles de contaminación del agua en las tres zonas de estudio (alta, media y baja) del río Palca. Este proceso integró la información obtenida en los objetivos previos: la identificación de las actividades agrícolas y los resultados de los análisis físicoquímicos y microbiológicos.

La combinación de estos datos permitió determinar el grado de incidencia de las actividades agrícolas sobre la calidad del recurso hídrico, evaluando el nivel de impacto ambiental generado en cada sector de la cuenca.

a. Integración de información:

Se recopilaron los resultados obtenidos en los dos primeros objetivos específicos, correspondientes a las características de las prácticas agrícolas y los valores analíticos de los parámetros de calidad del agua en las tres zonas del río Palca.

b. Clasificación de prácticas agrícolas:

Se agruparon las prácticas observadas según su tipo e intensidad (tradicional, semiintensiva e intensiva), considerando variables como tipo de cultivo, uso de fertilizantes, aplicación de plaguicidas, manejo del estiércol y sistema de riego.

c. Análisis comparativo de parámetros de calidad del agua:

Se compararon los resultados de los parámetros fisicoquímicos (pH, OD, DBO₅, DQO, conductividad, nitratos, fosfatos) y microbiológicos (coliformes fecales) entre las tres zonas, identificando tendencias y diferencias espaciales asociadas a las actividades agrícolas.

d. Determinación del nivel de incidencia:

Se establecieron niveles de incidencia (bajo, moderado, alto) según la magnitud de las alteraciones observadas en los parámetros del agua y la intensidad de las prácticas agrícolas en cada zona.

e. Elaboración de tablas de relación:

Se elaboraron tablas comparativas que integraron las variables agrícolas (tipo de cultivo, insumos, riego) con los resultados analíticos del agua, permitiendo identificar patrones de correlación entre el uso de agroquímicos y la calidad del recurso hídrico.

f. Análisis del grado de impacto:

Con base en los resultados comparativos, se interpretó el grado de impacto ambiental de cada zona, determinando la relación causa-efecto entre las actividades agrícolas y la contaminación del agua, apoyándose en criterios técnicos de intensidad, extensión y persistencia del contaminante.

g. Síntesis e interpretación final:

Finalmente, se integraron los hallazgos en un análisis global, estableciendo el comportamiento del impacto agrícola sobre la calidad del agua del río Palca y evidenciando que el grado de contaminación aumenta con la intensificación del uso agrícola y la reducción de barreras de protección natural.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Identificar las principales actividades agrícolas y los contaminantes asociados en la cuenca del río Palca

El presente apartado muestra los resultados obtenidos en campo respecto a las actividades agrícolas desarrolladas en las zonas alta, media y baja del río Palca, ubicadas en el distrito de Lampa, durante la campaña agrícola 2025. Para cumplir con este objetivo, se aplicaron dos instrumentos principales: una lista de verificación (checklist de observación directa) y una guía de entrevista semiestructurada a los agricultores locales. Ambos instrumentos permitieron caracterizar los cultivos predominantes, las prácticas de manejo agronómico, el uso de agroquímicos, los sistemas de riego y el grado de cercanía de las parcelas al cauce del río.

El trabajo de campo se realizó el 5 de octubre de 2025, fecha en la que se verificó que las zonas agrícolas se encontraban en plena etapa de desarrollo vegetativo y floración. Los agricultores captan el agua del río Palca mediante canaletas rústicas construidas artesanalmente, las cuales abastecen los cultivos ubicados en las terrazas y planicies agrícolas. uso de agroquímicos, lo que incrementa el riesgo de contaminación difusa.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del checklist de observación de campo y las entrevistas semiestructuradas, organizados por zonas de estudio. Dichos resultados permiten identificar las principales actividades agrícolas y los posibles contaminantes asociados que podrían estar afectando la calidad del agua superficial del río Palca.

a. Identificación de las principales actividades agrícolas:

El trabajo de campo permitió identificar que en la cuenca del río Palca se desarrollan principalmente actividades agrícolas orientadas al cultivo de papa, cebada, quinua, avena y alfalfa, las cuales varían según la altitud y disponibilidad hídrica.

Tabla 9

Resultados del checklist de observación de campo – Zona alta del río Palca.

Ítem observado	Descripción / Resultado	Observaciones
Cultivo principal	Quinua y papa	Cultivos en terrazas tradicionales
Etaapa fenológica	Desarrollo vegetativo	Cultivos recientes de siembra
Tipo de riego	Aspersión – 1 vez/semana, mediante canaletas rústicas	Captan agua del río mediante canaletas rústicas
Uso de fertilizantes	Estiércol compostado 4 t/ha	No se emplean fertilizantes químicos
Uso de plaguicidas/herbicidas	No aplican químicos, solo biopreparados	Manejo orgánico tradicional
Estiércol compostado	Sí	Compostaje de 30–40 días
Cobertura del suelo	Rastrojo	Buena cobertura vegetal
Pendiente del terreno	Media (terrazas)	Terreno con terrazas de contención
Distancia al río	>100 m	Buen aislamiento del cauce
Barrera vegetal	Sí (3 m de pastizal natural)	Vegetación natural de ichu
Evidencia de escorrentía	No	No se observaron surcos ni erosión
Almacenamiento de agroquímicos	Adecuado (uso mínimo)	No se usan químicos industriales



Conclusión zonal

Actividad agrícola tradicional Agricultura de subsistencia
con bajo riesgo de
contaminación

Nota. Datos obtenidos mediante observación directa en campo, realizada el 5 de octubre de 2025.

En la tabla 9, los resultados del checklist en la zona alta del río Palca evidencian que la actividad agrícola mantiene un carácter tradicional y de subsistencia, centrada principalmente en los cultivos de quinua y papa, los cuales se desarrollan en terrazas naturales con riego por aspersión a través de canaletas rústicas. Los agricultores utilizan estiércol compostado como único fertilizante, aplicando entre 4 t/ha por campaña, sin uso de productos químicos sintéticos. Asimismo, la presencia de barreras vegetales de ichu y la distancia superior a 100 metros respecto al cauce del río contribuyen a reducir el riesgo de contaminación difusa.

Las condiciones observadas demuestran un bajo nivel de impacto ambiental sobre el recurso hídrico, debido a la ausencia de escorrentía visible, la cobertura vegetal adecuada y la implementación de prácticas sostenibles como el compostaje del estiércol y el uso de biopreparados. Por tanto, esta zona representa un modelo de manejo agroecológico con mínimo riesgo de contaminación agrícola en la cuenca alta del río Palca.

Tabla 10

*Resultados del checklist de observación de campo – Zona media del río**Palca.*

Ítem observado	Descripción / Resultado	Observaciones
Cultivo principal	Papa y cebada	Parcelas medianas con riego frecuente
Eta ­ pa fenológica	Floración y llenado de tubérculo	Actividad intensiva
Tipo de riego	Inundación – 2 veces/semana, canaletas rústicas	Canaletas rústicas derivan agua del río
Uso de fertilizantes	Urea 90 kg/ha, DAP 45 kg/ha, estiércol 2 t/ha	Fertilización mixta (química y orgánica)
Uso de plaguicidas/herbicidas	Clorpirifos y glifosato (1–2 veces/mes)	Aplicación sin equipo de protección adecuado
Estiércol compostado	No	Aplican estiércol fresco
Cobertura del suelo	Sin cobertura	Mayor exposición al sol y erosión
Pendiente del terreno	Media (desniveles moderados)	Desniveles moderados con drenaje natural
Distancia al río	30–100 m	Cercanía media al cauce
Barrera vegetal	No	Cultivos llegan casi al borde
Evidencia de escorrentía	Sí (surcos visibles hacia cauce)	Escorrentía hacia el cauce tras lluvias
Almacenamiento de agroquímicos	Inadecuado (galpón sin ventilación)	Guardan insumos en galpones sin ventilación
Conclusión zonal	Agricultura de intensidad media, riesgo moderado de contaminación difusa.	Fertilización y plaguicidas aumentan la carga de nutrientes y residuos en el agua

Nota. Datos obtenidos mediante observación directa en campo, realizada el 5 de octubre de 2025.

En la tabla 10, los resultados obtenidos en la zona media del río Palca muestran un sistema agrícola de intensidad moderada, orientado principalmente al cultivo de papa y cebada, con prácticas que implican un

mayor riesgo de contaminación agrícola. En esta zona se identificó el uso de fertilizantes mixtos (urea, DAP y estiércol fresco), con riego por inundación dos veces por semana a través de canaletas rústicas que derivan agua directamente del río. La ausencia de cobertura vegetal y de barreras naturales incrementa la exposición del suelo a la erosión, favoreciendo el arrastre de sedimentos y nutrientes hacia el cauce.

Además, la aplicación frecuente de plaguicidas como glifosato y clorpirifos, sin equipo de protección y con almacenamiento inadecuado de agroquímicos, incrementa el potencial de contaminación difusa. Los surcos visibles de escorrentía hacia el río evidencian un proceso activo de transporte de contaminantes durante las lluvias. En consecuencia, la zona media representa un nivel de riesgo moderado para la calidad del agua del río Palca, siendo necesaria la implementación de prácticas de conservación de suelo y manejo racional de insumos agrícolas.

Tabla 11

Resultados del checklist de observación de campo – Zona baja del río

Palca.

Ítem observado	Descripción / Resultado	Observaciones
Cultivo principal	Alfalfa y avena forrajera	Cultivos continuos durante todo el año
Etapas fenológicas	Floración / Cosecha	Actividad intensiva de forraje
Tipo de riego	Inundación – 3 veces por semana	Canaletas rústicas conectadas directamente al río
Uso de fertilizantes	Urea 100 kg/ha, DAP 60 kg/ha, estiércol 3 t/ha	Uso intensivo de agroquímicos
Uso de plaguicidas/herbicidas	Glifosato y metamidofos (cada 15 días)	Alta frecuencia de aplicación
Estiércol compostado	No	Uso directo sin compostaje
Cobertura del suelo	Sin cobertura	Erosión evidente tras riego e inundación

Pendiente del terreno	Baja	Área plana cercana al río
Distancia al río	<30 m	Cultivos casi en contacto con el cauce
Barrera vegetal	No	Desmonte total del borde ribereño
Evidencia de escorrentía	Sí (riego directo al cauce)	Flujo visible hacia el río
Almacenamiento de agroquímicos	Inadecuado (recipientes al aire libre)	Restos de envases cerca del canal de riego
Conclusión zonal	Agricultura intensiva, alto riesgo de contaminación por nutrientes y plaguicidas.	Aporte directo de nutrientes, plaguicidas y coliformes al río Palca

Nota. Datos obtenidos mediante observación directa en campo, realizada el 5 de octubre de 2025.

En la tabla 11, los resultados obtenidos en la zona baja del río Palca revelan una actividad agrícola intensiva de carácter forrajero, con cultivos de alfalfa y avena durante todo el año, que requieren un uso constante de fertilizantes químicos (urea y DAP) y plaguicidas de alta toxicidad como glifosato y metamidofos, aplicados cada 15 días. El sistema de riego por inundación, con una frecuencia de tres veces por semana, utiliza canaletas rústicas conectadas directamente al cauce, lo que favorece el flujo de escorrentía y el transporte de contaminantes hacia el río.

Asimismo, la ausencia total de barreras vegetales y la proximidad de los cultivos al cauce (<30 m), junto con la falta de cobertura del suelo y el almacenamiento inadecuado de agroquímicos, agravan el impacto sobre la calidad del agua. Estas condiciones generan aportes directos de nutrientes, plaguicidas y coliformes fecales, provenientes del uso de estiércol sin compostar y del arrastre superficial durante las lluvias y riegos. En consecuencia, esta zona presenta el mayor nivel de riesgo de contaminación

agrícola dentro de toda la cuenca del río Palca, siendo un punto crítico para el deterioro del recurso hídrico.

Tabla 12

Resultados comparativos del checklist de observación de campo en las zonas alta, media y baja del río Palca – Lampa.

Ítem observado	Zona alta	Zona media	Zona baja
Fecha de evaluación	05/10/2025	05/10/2025	05/10/2025
Cultivo principal	Quinua y papa	Papa y cebada	Alfalfa y avena forrajera
Etaa fenológica	Desarrollo vegetativo	Floración y llenado de tubérculo	Floración / Cosecha
Tipo de riego	Aspersión – 1 vez/semana, mediante canaletas rústicas	Inundación – 2 veces/semana, canaletas rústicas	Inundación – 3 veces/semana, canaletas rústicas directas al río
Uso de fertilizantes	Estiércol compostado (4 t/ha)	Urea 90 kg/ha, DAP 45 kg/ha, estiércol 2 t/ha	Urea 100 kg/ha, DAP 60 kg/ha, estiércol 3 t/ha
Uso de plaguicidas/herbicidas	No aplican químicos, solo biopreparados	Clorpirifos y glifosato (1–2 veces/mes)	Glifosato y metamidofos (cada 15 días)
Estiércol compostado	Sí	No	No
Cobertura del suelo	Rastrojo	Sin cobertura	Sin cobertura
Pendiente del terreno	Media (terrazas)	Media (desniveles moderados)	Baja (terreno plano)
Distancia al río	>100 m	30–100 m	<30 m
Barrera vegetal	Sí (3 m de pastizal natural)	No	No
Evidencia de escorrentía	No	Sí (surcos visibles hacia cauce)	Sí (riego directo al cauce)
Almacenamiento de agroquímicos	Adecuado (uso mínimo)	Inadecuado (galpón sin ventilación)	Inadecuado (recipientes al aire libre)

Conclusión zonal	Actividad agrícola tradicional, bajo riesgo de contaminación.	Agricultura de intensidad media, riesgo moderado de contaminación difusa.	Agricultura intensiva, alto riesgo de contaminación por nutrientes y plaguicidas.
-------------------------	---	---	---

Nota. Datos obtenidos mediante observación directa en campo, realizada el 5 de octubre de 2025.

En la tabla 12, los resultados comparativos entre las zonas alta, media y baja del río Palca evidencian un gradiente creciente de intensidad agrícola y riesgo de contaminación a lo largo de la cuenca. En la zona alta, las prácticas agrícolas mantienen un enfoque tradicional, con uso de abonos orgánicos (estiércol compostado), riego por aspersión y barreras vegetales naturales, lo que reduce significativamente el impacto ambiental. En cambio, en la zona media se observó una transición hacia sistemas más intensivos, con aplicación de fertilizantes químicos (urea y DAP) y plaguicidas como glifosato, ausencia de cobertura vegetal y escorrentía moderada hacia el cauce.

Por otro lado, la zona baja representa el sector de mayor impacto ambiental, debido al uso intensivo de agroquímicos, riego por inundación directa, falta de barreras naturales y la proximidad de los cultivos al río (<30 m). Estas condiciones generan un aporte directo de nutrientes, sedimentos y plaguicidas al cuerpo de agua, elevando el riesgo de eutrofización y afectación de la calidad del agua superficial. En conjunto, los resultados confirman que el tipo de práctica agrícola y el manejo inadecuado de insumos determinan el grado de contaminación difusa en la cuenca del río Palca.

b. Prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca:

Con el propósito de complementar la información obtenida mediante la observación directa, se aplicaron entrevistas semiestructuradas a diez agricultores de las zonas alta, media y baja de la cuenca del río Palca. Estas entrevistas permitieron profundizar en las prácticas agrícolas locales, el uso de fertilizantes y plaguicidas, el manejo del estiércol, así como la percepción de los productores sobre la calidad del agua. Los resultados obtenidos evidencian diferencias significativas entre zonas, asociadas al nivel de tecnificación, tipo de cultivo y grado de dependencia del río para las actividades de riego.

Tabla 13

Resultados de las entrevistas semiestructuradas a agricultores de las zonas alta, media y baja del río Palca – Lampa.

N.º	Pregunta de la entrevista	Zona alta	Zona media	Zona baja
1	¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?	Principalmente quinua y papa; siembra en septiembre, cosecha entre marzo y abril.	Cultivos de papa y cebada; siembra en septiembre y octubre, cosecha en abril–mayo.	Predomina la alfalfa y avena forrajera, cultivadas durante todo el año con rotaciones estacionales.
2	¿Qué tipos de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?	Solo estiércol compostado (4 t/ha), aplicado una vez por campaña agrícola.	Combinación de urea (80–100 kg/ha), DAP (40–50 kg/ha) y estiércol fresco (2 t/ha), aplicados al	Uso intensivo de urea (100 kg/ha), DAP (60–70 kg/ha) y estiércol fresco (3 t/ha), con aplicaciones más frecuentes.

			inicio y mitad de la campaña.	
3	¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?	Aspersión, 1 vez por semana, mediante canaletas rústicas desde el río.	Inundación, 2 veces por semana, con canaletas artesanales construidas por los pobladores.	Inundación directa, 3 veces por semana, con canaletas conectadas al cauce principal.
4	¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente?	No emplean plaguicidas químicos;	Aplican clorpirifos y glifosato, entre 1 y 2 veces por mes, sin equipo de protección.	Uso de glifosato, metamidofos y clorpirifos cada 15 días, especialmente en cultivos de forraje.
	¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?	algunos usan biopreparados naturales.		
5	¿Cómo maneja el estiércol del ganado?	Compostan el estiércol entre 30 y 40 días antes de aplicarlo.	En su mayoría lo usan fresco, sin tratamiento previo.	No compostan, aplican directamente después del riego.
	¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?			
6	¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río? ¿De qué ancho aproximadamente?	Sí, barrera vegetal natural de ichu o pasto de 3–4 m.	No existen barreras; los cultivos llegan hasta 30 m del cauce.	No mantienen vegetación; los cultivos están a menos de 20–30 m del río.
7	¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?	No se observa arrastre; los suelos tienen buena cobertura vegetal.	Sí, se observan surcos y erosión moderada hacia el cauce.	Sí, hay escorrentía directa al río, sobre todo durante lluvias o riego.

8	¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?	No perciben cambios; el agua se mantiene limpia y clara.	Indican que el agua se enturbia y presenta olor leve a químicos tras lluvias o riegos.	Perciben un deterioro notable, con olor a agroquímico y color verdoso; atribuyen el cambio al uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas.
9	¿Qué medidas cree que podrían ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río Palca?	Mantener barreras vegetales y continuar con prácticas orgánicas.	Promover el uso racional de agroquímicos y la capacitación técnica a agricultores.	Implementar franjas de protección vegetal, manejo adecuado de residuos y riegos controlados.

Nota. Resultados obtenidos a partir de entrevistas aplicadas a 10 agricultores de las zonas alta, media y baja del río Palca, el 5 de octubre de 2025.

En la tabla 13, los resultados de las entrevistas semiestructuradas muestran diferencias notorias en las prácticas agrícolas y manejo ambiental entre las tres zonas evaluadas. En la zona alta, la producción se mantiene bajo un enfoque tradicional con cultivos de quinua y papa, uso exclusivo de abonos orgánicos y prácticas de compostaje del estiércol, lo que evidencia un bajo nivel de tecnificación y escaso riesgo de contaminación. Los agricultores no emplean plaguicidas sintéticos, sino biopreparados naturales, y conservan barreras vegetales naturales de ichu, las cuales actúan como filtros ecológicos que minimizan el arrastre de sedimentos y contaminantes hacia el cauce del río.

En la zona media, el sistema agrícola es de intensidad moderada, con cultivos de papa y cebada que demandan mayores volúmenes de fertilizantes y plaguicidas. Se observó la aplicación combinada de urea, DAP y estiércol fresco, junto con el uso de glifosato y clorpirifos una o dos veces al mes. Estas prácticas, sumadas al riego por inundación y la falta de barreras naturales, generan erosión del suelo y escorrentía de contaminantes hacia el río Palca. Los agricultores reportaron que el agua presenta turbidez y olor leve a químicos, lo que sugiere un deterioro progresivo del recurso hídrico por contaminación difusa.

En la zona baja, predomina una agricultura intensiva y continua, con el uso constante de agroquímicos de alta toxicidad y estiércol sin compostar, aplicados de manera directa al suelo. La ausencia total de vegetación ribereña y la proximidad de los cultivos al cauce (<30 m) incrementan el riesgo de aportes directos de nutrientes, plaguicidas y coliformes fecales al agua. Los agricultores perciben claramente el deterioro del río, señalando cambios en el color, olor y calidad del agua. En conjunto, los resultados reflejan un aumento del impacto agrícola desde la zona alta hacia la baja, siendo esta última la más vulnerable a procesos de contaminación agrícola en la cuenca del río Palca.

4.1.2. Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en diferentes puntos del río Palca

Con el propósito de determinar la calidad del agua superficial del río Palca, se efectuaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos en tres puntos representativos del cauce: zona alta, zona media y zona baja. El proceso de muestreo se realizó en dos periodos, los días 5 y 8 de octubre de 2025,

coincidiendo con la etapa de riego agrícola, con el fin de obtener una caracterización comparativa de las condiciones del recurso hídrico.

Las muestras recolectadas fueron preservadas, transportadas y analizadas en el laboratorio LAQUAMEQ E.I.R.L. – Laboratorio de Análisis Químico Ambiental, acreditado para realizar ensayos de calidad de agua conforme a los protocolos establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017) el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338.

Tabla 14

Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial del río Palca – muestreo del 5 de octubre de 2025.

N°	Parámetro	Unidad	M – 1 (Zona alta)	M – 2 (Zona media)	M – 3 (Zona baja)
1	Temperatura	°C	12.4	12.5	12.3
2	Turbidez	NTU	65.5	36.4	13.7
3	Conductividad eléctrica	µS/cm	700.5	459.2	683.4
4	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	7.4	7.7	7.3
5	Oxígeno disuelto	mg/L	3.2	4.7	5.4
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	18.5	9.6	4.7
7	Demanda química de oxígeno	mg/L	40	23.7	9.4
8	Nitratos	mg/L	2.1	1.7	0.8
9	Fosfatos	mg/L	2.8	1.3	0.6
10	Coliformes fecales	NMP/100ml	2400	900	43

Nota. Los análisis fueron realizados en el laboratorio LAQUAMEQ E.I.R.L. – Laboratorio de Análisis Químico Ambiental, con muestras recolectadas en las zonas alta, media y baja del río Palca.

En la tabla 14, que los valores de temperatura oscilaron entre 12.3 °C y 12.5 °C, mostrando un régimen térmico relativamente estable a lo largo del cauce. La turbidez fue mayor en la zona alta (65.5 NTU), donde la corriente

presenta pendiente pronunciada y arrastre natural de sedimentos, mientras que en las zonas media y baja los valores fueron menores, reflejando una sedimentación progresiva del material en suspensión.

La conductividad eléctrica registró su mayor valor en la zona alta (700.5 $\mu\text{S/cm}$) y el menor en la zona media (459.2 $\mu\text{S/cm}$), lo que evidencia variaciones en la concentración de sales disueltas, posiblemente asociadas a diferencias en el tipo de suelo y en el aporte de materiales erosionados. Los valores de pH fueron ligeramente alcalinos (7.4–7.7), lo cual es característico de cursos de agua con presencia de carbonatos naturales. En cuanto al oxígeno disuelto (OD), se observó un aumento gradual desde la zona alta (3.2 mg/L) hasta la zona baja (5.4 mg/L), indicando un proceso de reoxigenación aguas abajo.

Los valores de DBO_5 (18.5 mg/L en la zona alta y 4.7 mg/L en la zona baja) y de coliformes fecales (2400 NMP/100 mL en la zona alta) sugieren la presencia de materia orgánica de origen agrícola y pecuario, probablemente relacionada con el uso de estiércol y escorrentía superficial. En tanto, los nitratos (2.1–1.7 mg/L) y fosfatos (2.8–0.6 mg/L) mostraron una tendencia descendente desde la parte alta hacia la baja, lo que podría indicar dilución natural y absorción por vegetación ribereña. En conjunto, los resultados describen un gradiente natural de variación en la calidad del agua, influenciado por la pendiente del terreno, el uso agrícola y la distancia del cauce respecto a las áreas de cultivo.

Tabla 15

Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial del río Palca – muestreo del 8 de octubre de 2025.

N°	Parámetro	Unidad	M – 1 (Zona alta)	M – 2 (Zona media)	M – 3 (Zona baja)
1	Temperatura	°C	13.5	13.7	13.5
2	Turbidez	NTU	70.5	42.6	18.6
3	Conductividad eléctrica	μS/cm	649.7	395.1	715.7
4	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	7.1	7.4	7.5
5	Oxígeno disuelto	mg/L	2.7	3.9	5
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	25.4	11.9	8.5
7	Demanda química de oxígeno	mg/L	54.1	26.5	20.6
8	Nitratos	mg/L	2.6	1.9	1.1
9	Fosfatos	mg/L	2.3	1.7	0.9
10	Coliformes fecales	NMP/100ml	1500	930	90

Nota. Los análisis fueron realizados en el laboratorio LAQUAMEQ E.I.R.L. – Laboratorio de Análisis Químico Ambiental, con muestras recolectadas en las zonas alta, media y baja del río Palca durante el segundo periodo de monitoreo.

En la tabla 15, se observa los valores de temperatura oscilaron entre 13.5 °C y 13.7 °C, evidenciando un ligero incremento respecto al primer muestreo, probablemente asociado a condiciones climáticas más cálidas y menor nubosidad. La turbidez se mantuvo elevada en la zona alta (70.5 NTU) y media (42.6 NTU), lo que indica la presencia continua de sedimentos finos y partículas en suspensión producto de escorrentías superficiales. En la zona baja (18.6 NTU), la menor turbidez sugiere una mayor sedimentación y decantación de sólidos a lo largo del cauce.

En cuanto a la conductividad eléctrica, los valores fueron más altos en la zona baja (715.7 $\mu\text{S/cm}$) y menores en la zona media (395.1 $\mu\text{S/cm}$), lo cual refleja un aumento en la concentración de sales disueltas por acumulación de materiales transportados desde las zonas agrícolas superiores. El pH se mantuvo dentro del rango ligeramente alcalino (7.1–7.5), compatible con aguas de origen natural con influencia de carbonatos. El oxígeno disuelto (OD) aumentó progresivamente desde 2.7 mg/L en la zona alta hasta 5 mg/L en la zona baja, lo que evidencia un proceso de aireación y recuperación de oxígeno aguas abajo.

Respecto a los parámetros de materia orgánica, la DBO_5 presentó valores más altos en la zona alta (25.4 mg/L), lo que sugiere la persistencia de residuos orgánicos derivados del uso de estiércol y materia vegetal en descomposición. Los nitratos y fosfatos mostraron concentraciones moderadas (2.6 y 2.3 mg/L en la zona alta, respectivamente), las cuales disminuyeron hacia la zona baja, posiblemente por procesos de dilución y asimilación vegetal. En el componente microbiológico, los coliformes fecales alcanzaron valores de 1500 NMP/100 mL en la zona alta y 930 NMP/100 mL en la media, disminuyendo significativamente en la baja (90 NMP/100 mL), lo que indica una reducción de la carga bacteriana en función de la distancia y del tiempo de transporte del flujo superficial. En conjunto, los resultados muestran una tendencia de mejora gradual en la calidad del agua aguas abajo, aunque aún se evidencia influencia de las actividades agrícolas en la parte superior de la cuenca.

Tabla 16

Promedio de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua superficial del río Palca – monitoreados el 5 y 8 de octubre de 2025.

N°	Parámetro	Unidad	M – 1 (Zona alta)	M – 2 (Zona media)	M – 3 (Zona baja)
1	Temperatura	°C	12.95	13.1	12.9
2	Turbidez	NTU	68	39.5	16.15
3	Conductividad eléctrica	µS/cm	675.1	427.15	699.55
4	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	7.25	7.55	7.4
5	Oxígeno disuelto	mg/L	2.95	4.3	5.2
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	21.95	10.75	6.6
7	Demanda química de oxígeno	mg/L	47.05	25.1	15
8	Nitratos	mg/L	2.35	1.8	0.95
9	Fosfatos	mg/L	2.55	1.5	0.75
10	Coliformes fecales	NMP/100ml	1950	915	66.5

Nota. Los valores corresponden al promedio de los resultados obtenidos en los muestreos realizados los días 5 y 8 de octubre de 2025, en las zonas alta, media y baja del río Palca. Los análisis fueron efectuados por el laboratorio LAQUAMEQ E.I.R.L. – Laboratorio de Análisis Químico Ambiental.

En la tabla 16, se observa el promedio general de los dos muestreos muestra que la temperatura del agua se mantuvo relativamente estable entre 12.9 °C y 13.1 °C, lo cual corresponde a condiciones típicas de ríos altoandinos. La turbidez presentó su valor más alto en la zona alta (68 NTU), lo que indica la influencia de sedimentos y arrastre de partículas finas provenientes de las laderas naturales y zonas de cultivo. En contraste, la zona baja (16.5 NTU) presentó menor turbidez, reflejando una sedimentación progresiva aguas abajo.

Los parámetros fisicoquímicos muestran un comportamiento diferenciado entre zonas. La conductividad eléctrica (CE) fue mayor en la zona alta (675.1 $\mu\text{S/cm}$) y la zona baja (699.5 $\mu\text{S/cm}$), sugiriendo la presencia de minerales disueltos y aportes de sales provenientes de los suelos agrícolas y del propio material geológico. El pH mantuvo valores neutros a ligeramente alcalinos (7.25–7.55), característicos de aguas con buena capacidad amortiguadora. En cuanto al oxígeno disuelto (OD), los valores se incrementaron desde 2.95 mg/L en la zona alta hasta 5.2 mg/L en la baja, indicando una mayor aireación por la corriente fluvial.

En lo referente a la materia orgánica, la DBO_5 mostró una tendencia descendente desde 21.95 mg/L en la zona alta hasta 6.6 mg/L en la baja, evidenciando una reducción de carga orgánica en el trayecto del río. Los nitratos y fosfatos presentaron concentraciones mayores en la parte alta (2.35 y 2.85 mg/L, respectivamente), asociadas al uso de estiércol y fertilizantes, y menores en la baja (1.05 y 0.35 mg/L) debido a procesos de dilución. Finalmente, los coliformes fecales mostraron una concentración promedio de 1950 NMP/100 mL en la zona alta y 915 NMP/100 mL en la media, disminuyendo a 66.5 NMP/100 mL en la baja, lo que sugiere una mejora en la calidad bacteriológica aguas abajo por efecto de autodepuración natural del río. En conjunto, los resultados reflejan un gradiente de mejoramiento progresivo de la calidad del agua, aunque con evidencia de impacto agrícola en las zonas superiores de la cuenca.

Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Palca con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 4, Subcategoría E2: “Ríos”:

Con el propósito de evaluar la calidad del agua del río Palca respecto a los valores establecidos por la normativa ambiental peruana, se realizó la comparación de los resultados promedio obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2: "Ríos", establecidos en el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM.

Tabla 17

Comparación promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Palca con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 4, Subcategoría E2: "Ríos".

N°	Parámetro	Unidad	M – 1 (Zona alta) Laboratorio	ECA, CAT. 4 - Subcategoría E2: Ríos	Nivel de cumplimiento
1	Temperatura	°C	12.95	Δ 3	Cumple
2	Turbidez	NTU	68	N.A.	N.A.
3	Conductividad eléctrica	μ S/cm	675.1	1000	Cumple
4	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	7.25	6.5 a 9.0	Cumple
5	Oxígeno disuelto	mg/L	2.95	$\geq$ 5	No cumple
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	21.95	10	No cumple
7	Demanda química de oxígeno	mg/L	47.05	N.A.	N.A.
8	Nitratos	mg/L	2.35	13	Cumple
9	Fosfatos	mg/L	2.55	0.05	No cumple
10	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1950	2000	Cumple

Nota. Los valores de referencia corresponden a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E2: Ríos Costa y Sierra. N.A.: No aplica (el parámetro no cuenta con valor normativo específico para esta subcategoría). Δ 3 °C: Variación máxima permitida respecto a la temperatura natural del cuerpo de agua.

En la tabla 17, los resultados de la zona alta del río Palca (M-1) muestran que algunos parámetros cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos para la Categoría 4, como la conductividad eléctrica (675.1 $\mu\text{S/cm}$), la cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible de 1000 $\mu\text{S/cm}$, así como el pH (7.25), que se mantiene dentro del rango aceptable de 6.5 a 9.0. De igual manera, la concentración de nitratos (2.35 mg/L) no supera el valor normativo de 13 mg/L, lo que indica un cumplimiento del estándar para este parámetro.

Sin embargo, se evidencia un incumplimiento significativo en parámetros clave relacionados con la calidad ecológica del agua. El oxígeno disuelto registró un valor de 2.95 mg/L, inferior al mínimo requerido de 5 mg/L, lo cual indica condiciones desfavorables para la vida acuática. Asimismo, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) alcanzó 21.95 mg/L, superando más del doble el valor máximo permitido de 10 mg/L, lo que refleja una alta carga de materia orgánica biodegradable en el cuerpo de agua.

De manera similar, la concentración de fosfatos (2.55 mg/L) excede ampliamente el valor normativo de 0.05 mg/L, evidenciando un fuerte aporte de nutrientes, probablemente asociado al uso de fertilizantes agrícolas y a procesos de escorrentía superficial. Aunque los coliformes termotolerantes (1950 NMP/100 ml) se mantienen dentro del límite máximo de 2000 NMP/100 ml, su valor elevado sugiere una presión antrópica considerable.

Tabla 18

Comparación promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Palca con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 4, Subcategoría E2: “Ríos” (Zona media – M-2).

N°	Parámetro	Unidad	M – 2 (Zona media) Laboratorio	ECA, CAT. 4 - Subcategoría E2: Ríos	Nivel de cumplimiento
1	Temperatura	°C	13.1	$\Delta 3$	Cumple
2	Turbidez	NTU	39.5	N.A.	N.A.
3	Conductividad eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$	427.15	1000	Cumple
4	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	7.55	6.5 a 9.0	Cumple
5	Oxígeno disuelto	mg/L	4.3	≥ 5	No cumple
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	10.75	10	No cumple
7	Demanda química de oxígeno	mg/L	25.1	N.A.	N.A.
8	Nitratos	mg/L	1.8	13	No cumple
9	Fosfatos	mg/L	1.5	0.05	No cumple
10	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	915	2000	Cumple

Nota. Los valores normativos corresponden a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E2: Ríos Costa y Sierra. N.A.: No aplica (parámetro sin valor normativo específico para esta subcategoría). $\Delta 3$ °C: Variación máxima permitida respecto a la temperatura natural del cuerpo de agua.

En la tabla 18, en la zona media del río Palca (M-2), los resultados muestran que varios parámetros cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental, como la conductividad eléctrica, que registró 427.15 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor

inferior al límite permitido de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y el pH (7.55), el cual se mantiene dentro del rango normativo de 6.5 a 9.0. Asimismo, la concentración de nitratos (1.8 mg/L) se encuentra ampliamente por debajo del valor máximo permisible de 13 mg/L, lo que indica cumplimiento para este parámetro.

No obstante, se evidencian incumplimientos relevantes en parámetros críticos para la conservación del ambiente acuático. El oxígeno disuelto alcanzó un valor de 4.3 mg/L, inferior al mínimo requerido de 5 mg/L, lo que refleja condiciones de oxigenación insuficientes para sostener adecuadamente la vida acuática. De igual manera, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) presentó un valor de 10.75 mg/L, superando ligeramente el límite máximo permitido de 10 mg/L, lo que indica la presencia de materia orgánica biodegradable en el cuerpo de agua.

Asimismo, la concentración de fosfatos (1.5 mg/L) supera de forma considerable el valor normativo de 0.05 mg/L, evidenciando un exceso de nutrientes que podría estar asociado al uso de fertilizantes agrícolas y a procesos de escorrentía superficial en la cuenca.

Aunque los coliformes termotolerantes (915 NMP/100 ml) se mantienen dentro del límite máximo de 2000 NMP/100 ml, su presencia confirma la influencia de actividades antrópicas. En conjunto, los resultados indican que la calidad del agua en la zona media del río Palca presenta alteraciones atribuibles a las actividades agrícolas, afectando principalmente los parámetros relacionados con carga orgánica y nutrientes.

Tabla 19

Comparación promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Palca con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 4, Subcategoría E2: “Ríos” (Zona baja – M-3).

N°	Parámetro	Unidad	M – 3 (Zona baja) Laboratorio	ECA, CAT. 4 - Subcategoría E2: Ríos	Nivel de cumplimiento
1	Temperatura	°C	12.9	Δ 3	Cumple
2	Turbidez	NTU	16.15	N.A.	N.A.
3	Conductividad eléctrica	μ S/cm	699.55	1000	Cumple
4	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	7.4	6.5 a 9.0	Cumple
5	Oxígeno disuelto	mg/L	5.2	$\geq$ 5	No cumple
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	6.6	10	No cumple
7	Demanda química de oxígeno	mg/L	15	N.A.	N.A.
8	Nitratos	mg/L	0.95	13	No cumple
9	Fosfatos	mg/L	0.75	0.05	No cumple
10	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	66.5	2000	Cumple

Nota. Los valores normativos corresponden a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E2: Ríos Costa y Sierra. N.A.: No aplica (parámetro que no cuenta con valor normativo específico para esta subcategoría). Δ 3 °C: Variación máxima permitida respecto a la temperatura natural del cuerpo de agua.

En la tabla 19, los resultados obtenidos en la zona baja del río Palca (M-3) evidencian una mejor condición de la calidad del agua en comparación con las zonas alta y media. La conductividad eléctrica (699.55 μ S/cm) se mantiene por debajo del valor máximo permitido de 1000 μ S/cm, mientras que el pH (7.4) se encuentra dentro del rango normativo de 6.5 a 9.0, lo que indica

condiciones fisicoquímicas adecuadas para la conservación del ambiente acuático.

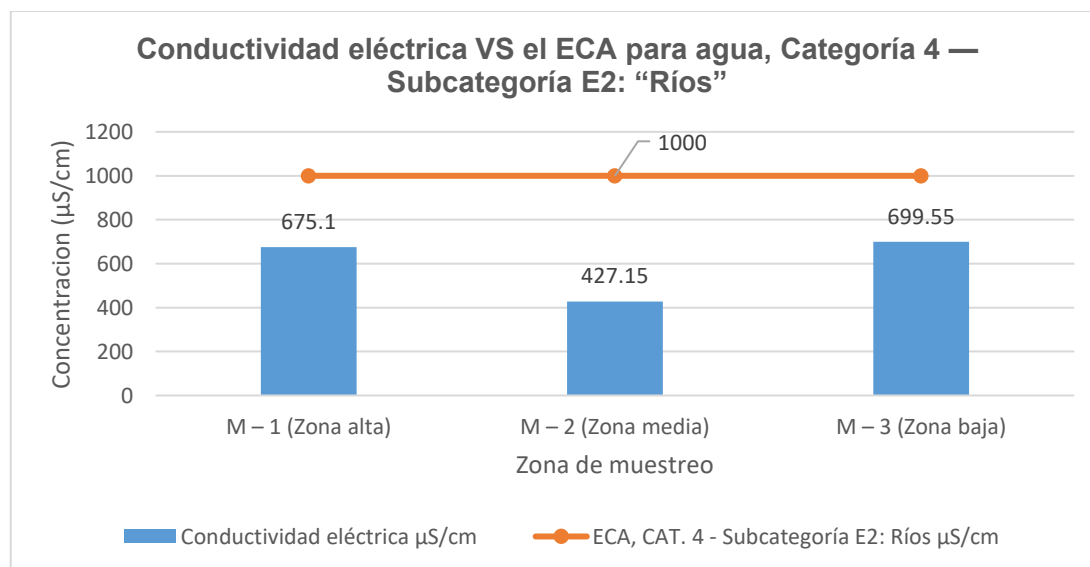
Asimismo, el oxígeno disuelto alcanzó un valor de 5.2 mg/L, cumpliendo con el valor mínimo establecido de ≥ 5 mg/L, lo que refleja una mejor oxigenación del cuerpo de agua en este tramo del río. De manera similar, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) registró 6.6 mg/L, valor inferior al límite máximo permisible de 10 mg/L, lo que indica una menor carga de materia orgánica biodegradable respecto a las zonas ubicadas aguas arriba.

No obstante, la concentración de fosfatos (0.75 mg/L) supera ampliamente el valor normativo de 0.05 mg/L, evidenciando la persistencia de un exceso de nutrientes en el agua, posiblemente asociado al arrastre de fertilizantes agrícolas por escorrentía superficial. A pesar de ello, los coliformes termotolerantes (66.5 NMP/100 ml) se encuentran muy por debajo del límite máximo permitido de 2000 NMP/100 ml, lo que indica una menor influencia de contaminación microbiológica en la zona baja del río Palca. En conjunto, los resultados muestran una recuperación parcial de la calidad del agua, aunque aún se mantiene la presión por nutrientes de origen agrícola.

A continuación, se presentan las figuras que muestran la relación entre los valores medidos y los límites permisibles establecidos para cada parámetro analizados.

Figura 6

Comparación del promedio de conductividad eléctrica con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.



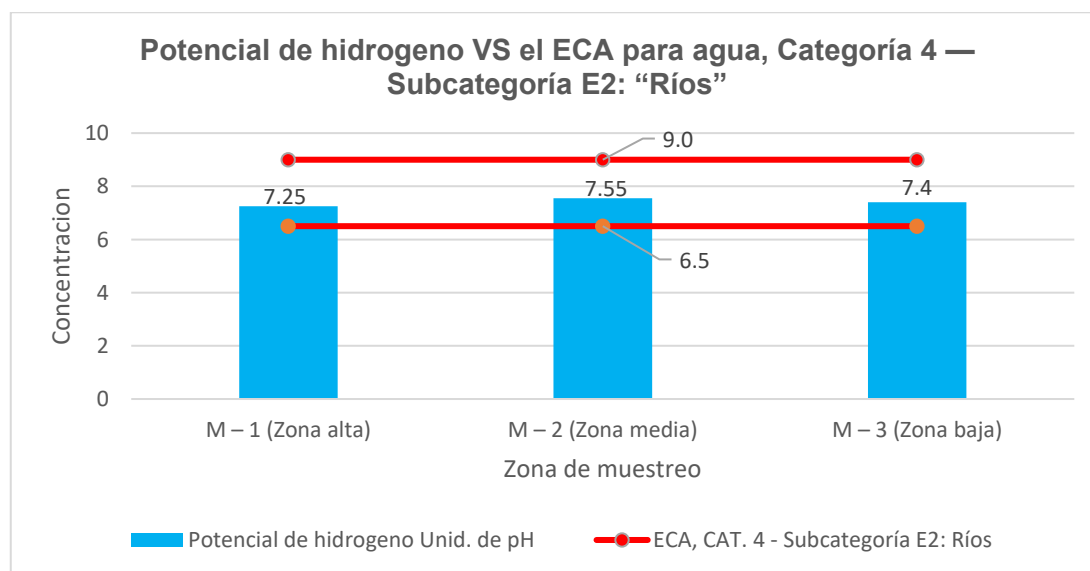
Nota. Los valores representan el promedio de los dos muestreos realizados los días 5 y 8 de octubre de 2025 en las zonas alta, media y baja del río Palca. El valor de referencia del ECA para Agua, Categoría 4 – Subcategoría E2: “Ríos” es de 1000 $\mu\text{S/cm}$.

En la figura 6, los resultados obtenidos muestran que la conductividad eléctrica en las tres zonas de muestreo se mantiene por debajo del valor de referencia establecido en el ECA (1000 $\mu\text{S/cm}$). La zona alta (675.1 $\mu\text{S/cm}$) y la zona baja (699.55 $\mu\text{S/cm}$) presentaron los valores más elevados, indicando una mayor presencia de sales disueltas posiblemente asociadas a procesos naturales de mineralización y a la infiltración de aguas de riego agrícola. En la zona media (427.15 $\mu\text{S/cm}$), se registró la menor conductividad, lo que sugiere una dilución temporal por mezcla de flujos o menor aporte de compuestos disueltos. En general, los resultados evidencian que el agua del río Palca presenta baja salinidad y buena conductividad iónica, sin superar los límites

permitidos por el ECA, por lo que es apta para usos agrícolas y ganaderos conforme a esta categoría.

Figura 7

Comparación del promedio del potencial de hidrógeno (pH) con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.



Nota. Los valores corresponden al promedio de los muestreos realizados los días 5 y 8 de octubre de 2025 en las zonas alta, media y baja del río Palca. El ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2: "Ríos" establece un rango permisible de 6.5 a 9.0 unidades de pH.

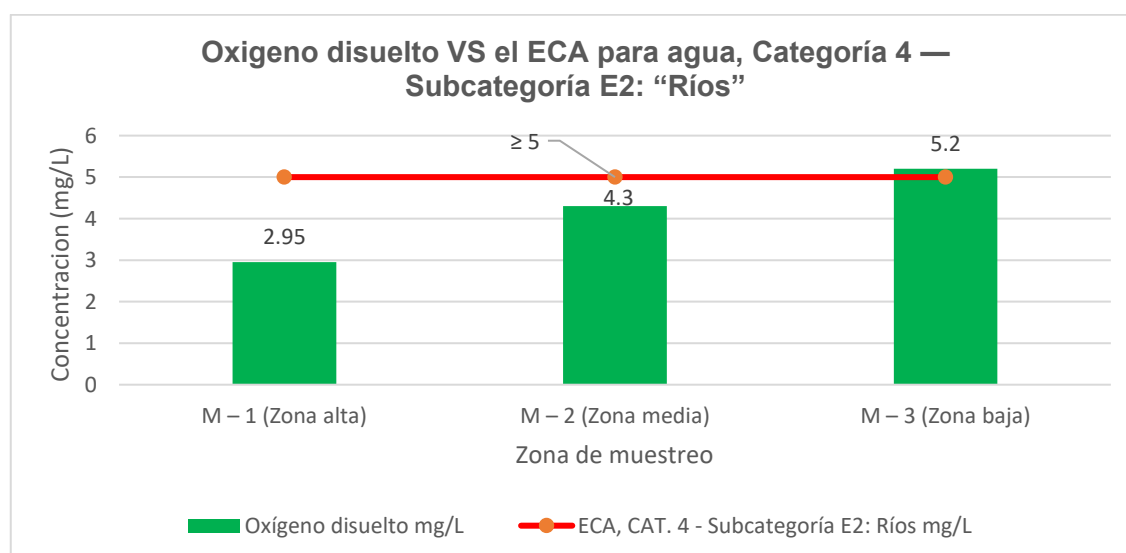
En la figura 7, el potencial de hidrógeno (pH) del agua del río Palca presentó valores comprendidos entre 7.25 a 7.55, ubicándose dentro del rango neutro a ligeramente alcalino. Todos los puntos de muestreo se mantuvieron dentro de los límites establecidos por el ECA, lo cual indica que no existen condiciones de acidez ni alcalinidad excesiva que puedan afectar la calidad del recurso hídrico.

La zona media (7.55) presentó un pH ligeramente superior respecto a la zona alta (7.25), posiblemente asociado al contacto del agua con suelos

agrícolas ricos en carbonatos y materiales alcalinos. La zona baja (7.4) mostró estabilidad del parámetro, lo que sugiere un buen equilibrio químico y capacidad de amortiguación natural del río frente a los aportes externos. En conjunto, los resultados evidencian que el pH del agua mantiene un comportamiento estable y compatible con sistemas fluviales altoandinos, sin evidencia de alteraciones químicas derivadas de la actividad agrícola.

Figura 8

Comparación del promedio del oxígeno disuelto con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.



Nota. Los valores representan el promedio de los muestreos realizados los días 5 y 8 de octubre de 2025 en las zonas alta, media y baja del río Palca. El ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2: "Ríos" establece un valor mínimo de ≥ 5 mg/L para oxígeno disuelto.

En la figura 8, el contenido de oxígeno disuelto (OD) en el agua del río Palca mostró una variación ascendente desde la zona alta hacia la zona baja. En la zona alta, el valor promedio fue de 2.95 mg/L, lo que indica una baja oxigenación posiblemente asociada al arrastre de materia orgánica y a la

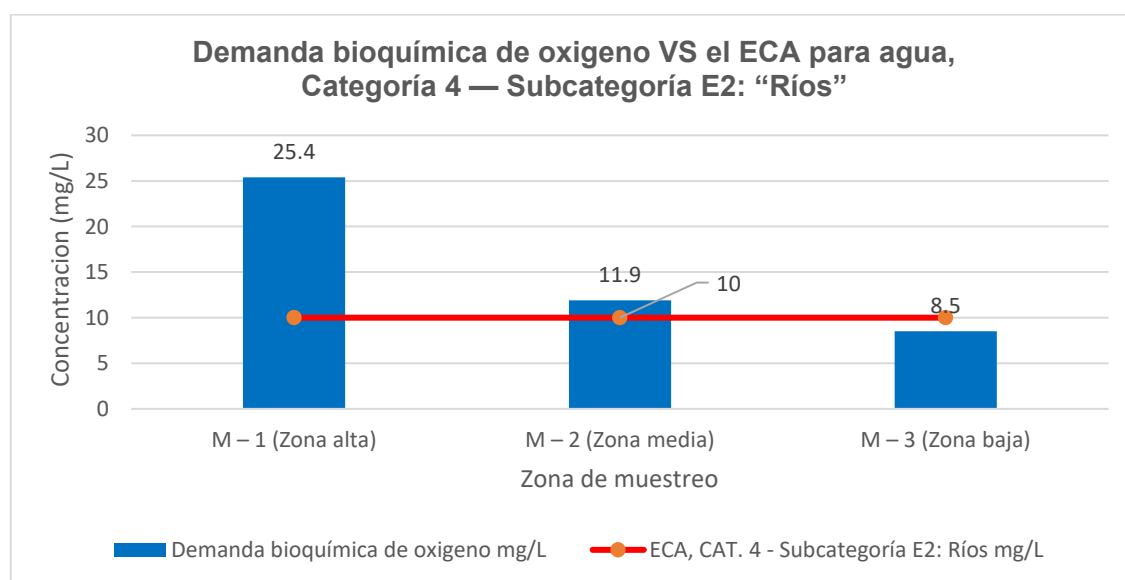
descomposición de residuos agrícolas o estiércol en las cercanías del cauce.

En la zona media, el OD aumentó a 4.3 mg/L, mientras que en la zona baja alcanzó 5.2 mg/L, superando el valor mínimo establecido por el ECA.

El incremento del oxígeno disuelto aguas abajo sugiere la existencia de un proceso natural de reoxigenación favorecido por la turbulencia del flujo y la aireación progresiva del río. Sin embargo, los valores por debajo del estándar en la parte alta y media evidencian un impacto moderado por materia orgánica biodegradable, lo cual reduce temporalmente la concentración de oxígeno disponible. En conjunto, estos resultados indican que la calidad del agua mejora aguas abajo, aunque las zonas agrícolas cercanas a la parte alta del río presentan condiciones de oxigenación limitada atribuibles a las prácticas agrícolas y ganaderas.

Figura 9

Comparación del promedio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.



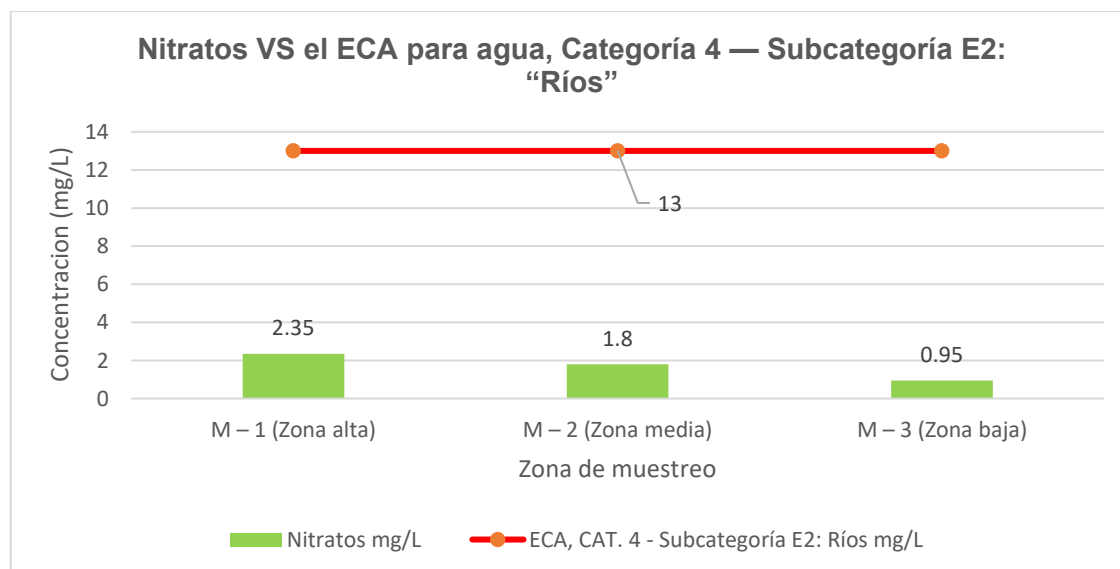
Nota. Los valores representan el promedio de los resultados obtenidos en los muestreos realizados los días 5 y 8 de octubre de 2025 en las zonas alta, media y baja del río Palca. El ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2: "Ríos" establece un valor máximo de 10 mg/L para la DBO₅.

En la figura 9, los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) evidenciaron diferencias significativas entre las zonas de estudio, mostrando un mayor valor en la zona alta (25.4 mg/L), lo que refleja una alta carga de materia orgánica biodegradable. Este resultado sugiere la influencia de descargas agrícolas y ganaderas, especialmente por el uso de estiércol y residuos vegetales cercanos al cauce. En la zona media (11.9 mg/L), el valor se redujo levemente, pero aún se mantuvo por encima del límite establecido por el ECA, mientras que en la zona baja (8.5 mg/L) se observó una mejora, situándose por debajo del valor máximo permitido.

La disminución progresiva de la DBO_5 aguas abajo indica un proceso de autodepuración natural del río, favorecido por la aireación, dilución y descomposición biológica de los compuestos orgánicos. Sin embargo, los valores elevados en la parte alta y media evidencian un aporte constante de contaminantes orgánicos provenientes de actividades agrícolas intensivas y manejo inadecuado del estiércol. En conjunto, los resultados muestran que la calidad del agua mejora hacia la zona baja, aunque persisten signos de contaminación orgánica moderada en los tramos superiores del río Palca.

Figura 10

Comparación del promedio de los Nitratos con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.



Nota. Los valores corresponden al promedio de los muestreos realizados los días 5 y 8 de octubre de 2025 en las zonas alta, media y baja del río Palca. El ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2: "Ríos" establece un valor máximo de 13 mg/L para nitratos (expresado como NO_3^-).

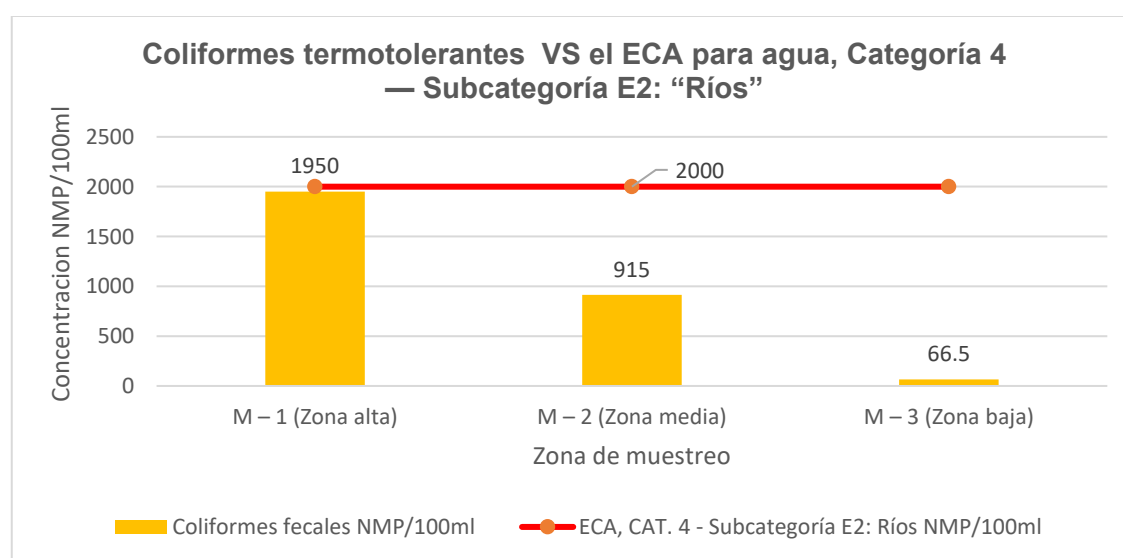
En la figura 10, las concentraciones de nitratos (NO_3^-) registradas en las tres zonas del río Palca se encontraron muy por debajo del límite máximo permitido por el ECA (13 mg/L), con valores promedio de 2.35 mg/L en la zona alta, 1.8 mg/L en la zona media y 0.95 mg/L en la zona baja. Esta tendencia descendente evidencia una disminución progresiva de la carga nitrogenada aguas abajo, probablemente debido a la dilución y absorción por la vegetación ribereña.

El mayor valor observado en la zona alta estaría relacionado con el uso de estiércol compostado y residuos orgánicos en los cultivos de quinua y papa, los cuales aportan nitrógeno al suelo y eventualmente al cauce por

escorrentía. En la zona media, el uso de fertilizantes químicos (urea y DAP) no generó incrementos significativos, lo que sugiere una buena infiltración o retención del nitrógeno en el suelo. Finalmente, la zona baja presentó la menor concentración, asociada al efecto combinado de sedimentación, consumo biológico y distancia del área agrícola intensiva. En conjunto, los valores indican que la concentración de nitratos no representa riesgo de contaminación para esta categoría de agua, mostrando condiciones aceptables en toda la cuenca.

Figura 11

Comparación del promedio de los coliformes termotolerantes con el ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2, del río Palca – Lampa.



Nota. Los valores corresponden al promedio de los resultados obtenidos en los muestreos realizados los días 5 y 8 de octubre de 2025 en las zonas alta, media y baja del río Palca. El ECA para Agua, Categoría 4 — Subcategoría E2: "Ríos" establece un valor máximo permisible de 2000 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes.

En la figura 11, los resultados evidencian que la zona alta del río Palca presentó una concentración promedio de 1950 NMP/100 mL, valor muy próximo al límite máximo establecido por el ECA, lo que indica una contaminación microbiológica moderada. En la zona media, la concentración descendió a 915 NMP/100 mL, mientras que en la zona baja se observó una marcada reducción hasta 66.5 NMP/100 mL, evidenciando una mejora significativa de la calidad bacteriológica aguas abajo.

El comportamiento descendente de los coliformes termotolerantes está directamente relacionado con el grado de actividad agrícola y ganadera en cada sector. En la zona alta, la proximidad de los cultivos y el uso de estiércol sin compostar favorecen el arrastre de microorganismos hacia el cauce durante el riego y las lluvias. En contraste, la zona baja se encuentra más alejada de las áreas agrícolas y dispone de mayor capacidad de autodepuración natural gracias a la turbulencia y exposición solar del flujo. En general, los resultados muestran que, aunque existe presencia de contaminación fecal en la parte superior de la cuenca, el río Palca mantiene un proceso natural de recuperación microbiológica a lo largo de su trayecto.

4.1.3. Analizar la relación entre las actividades agrícolas y los niveles de contaminación determinados en las fuentes de agua superficial, estableciendo el grado de impacto sobre la calidad del recurso hídrico

Para el presente objetivo se integraron los resultados obtenidos en los dos primeros objetivos: las características de las actividades agrícolas y los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua en las zonas alta, media y baja del río Palca. El análisis comparativo permitió

identificar las asociaciones entre el uso de agroquímicos, las prácticas agrícolas y los niveles de contaminación, con el fin de determinar el grado de influencia de dichas actividades sobre la calidad del recurso hídrico. Los resultados se muestran en las siguientes tablas, donde se establecen los principales factores agrícolas observados y su relación con los parámetros de calidad del agua.

Tabla 20

Relación entre las prácticas agrícolas y los parámetros de calidad del agua en la zona alta del río Palca.

Actividad agrícola	Prácticas observadas	Parámetros de calidad del agua	Nivel de incidencia
Cultivo de quinua y papa	Uso de estiércol compostado (4 t/ha), sin agroquímicos	DBO ₅ : 21.95 mg/L, OD: 2.95 mg/L, Coliformes: 1950 NMP/100 mL	Moderado
Tipo de riego	Aspersión 1 vez/semana	Turbidez: 68 NTU	Bajo
Cobertura vegetal	Rastrojo y barrera de ichu	Conductividad: 675.1 µS/cm, pH: 7.25	Bajo

Nota. La tabla muestra la relación entre las prácticas agrícolas tradicionales y los valores de los parámetros fisicoquímicos en la zona alta del río Palca.

La tabla 20, se observa que, en la zona alta, predominan prácticas tradicionales de bajo impacto, sin uso de fertilizantes químicos ni plaguicidas, lo que limita la presencia de contaminantes. Sin embargo, la aplicación de estiércol orgánico y la cercanía de terrazas de cultivo generan un leve incremento de DBO₅ y coliformes fecales, evidenciando un aporte moderado de materia orgánica al cauce. La presencia de barreras vegetales y riego controlado favorecen la retención natural de contaminantes y la protección del recurso hídrico.

Tabla 21

Relación entre las prácticas agrícolas y los parámetros de calidad del agua en la zona media del río Palca.

Actividad agrícola	Prácticas observadas	Parámetros de calidad del agua	Nivel de incidencia
Cultivo de papa y cebada	Fertilización mixta: urea (90 kg/ha), DAP (45 kg/ha), estiércol (2 t/ha)	Nitratos: 1.8 mg/L, Fosfatos: 1.5 mg/L	Moderado
Uso de plaguicidas	Clorpirifos y glifosato (1–2 veces/mes)	DQO: 25.1 mg/L, DBO ₅ : 10.75 mg/L	Moderado
Tipo de riego	Inundación 2 veces/semana	Turbidez: 39.5 NTU, OD: 4.3 mg/L	Moderado a alto

Nota. La tabla muestra la relación entre las prácticas agrícolas mixtas (químicas y orgánicas) y los indicadores de contaminación en la zona media del río Palca.

La tabla 21, se observa que en esta zona media existe una intensificación agrícola con uso combinado de fertilizantes y plaguicidas, lo que genera un incremento de nutrientes y demanda orgánica en el agua. Los valores de DQO y DBO₅ se asocian a residuos de agroquímicos y materia orgánica, mientras que la menor cobertura vegetal y la escorrentía superficial favorecen el transporte de contaminantes al río. El impacto se clasifica como moderado, pero evidencia una tendencia de deterioro de la calidad del agua por la intensificación de la producción agrícola.

Tabla 22

Relación entre las prácticas agrícolas y los parámetros de calidad del agua en la zona baja del río Palca.

Actividad agrícola	Prácticas observadas	Parámetros de calidad del agua	Nivel de incidencia
Cultivo principal	Alfalfa y avena forrajera (cultivos continuos todo el año)	Nitratos: 0.95 mg/L, Fosfatos: 0.75 mg/L	Alto
Uso de fertilizantes	Urea (100 kg/ha), DAP (60 kg/ha), estiércol fresco (3 t/ha)	DBO ₅ : 6.6 mg/L, DQO: 15.1 mg/L	Alto
Uso de plaguicidas	Glifosato y metamidofos (cada 15 días)	Coliformes fecales: 66.5 NMP/100 mL, Conductividad: 699.55 µS/cm	Alto
Tipo de riego	Inundación directa (3 veces/semana)	Turbidez: 16.5 NTU, OD: 5.2 mg/L	Moderado

Nota. La tabla presenta la relación entre las prácticas agrícolas intensivas y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la zona baja del río Palca.

La tabla 22, muestra que en la zona baja se existe una agricultura intensiva de forraje, con riego frecuente e inundación directa desde el cauce del río. Las prácticas observadas incluyen el uso reiterado de fertilizantes químicos y plaguicidas, además del uso de estiércol sin compostar, lo cual incrementa la carga de nutrientes y materia orgánica. Aunque el oxígeno disuelto se mantiene dentro de valores adecuados, la alta frecuencia de agroquímicos y la escasa cobertura vegetal provocan un mayor riesgo de contaminación difusa, principalmente por lixiviación y escorrentía. Esta zona representa el mayor nivel de incidencia sobre la calidad del agua debido a su actividad agrícola continua y la ausencia de barreras naturales de protección.

Tabla 23

Relación general entre las actividades agrícolas y el nivel de contaminación del agua en el río Palca – Lampa.

Zona	Tipo de agricultura	Uso de agroquímicos	Evidencia de escorrentía	Nivel de contaminación estimado	Impacto sobre la calidad del agua
Alta	Tradicional (quinua, papa)	Nulo	No	Bajo	Mínimo impacto, agua limpia con presencia orgánica natural.
Media	Intensiva moderada (papa, cebada)	Medio (fertilización mixta)	Sí	Moderado	Incremento de DBO_5 y nutrientes, deterioro progresivo.
Baja	Intensiva (alfalfa, avena)	Alto (urea, DAP, plaguicidas)	Sí	Alto	Contaminación difusa evidente por agroquímicos y estiércol.

Nota. La tabla resume el grado de relación entre las actividades agrícolas y el impacto observado en la calidad del agua superficial del río Palca.

La tabla 23, muestra el análisis global, en donde se ve una relación directa entre la intensidad de las prácticas agrícolas y el nivel de contaminación del agua. En la zona alta predomina una agricultura de subsistencia con escaso uso de agroquímicos, reflejando buena calidad del agua. En la zona media, el uso combinado de fertilizantes y plaguicidas incrementa los niveles de DBO_5 , DQO y turbidez, mientras que, en la zona baja, las prácticas intensivas y el riego por inundación generan el mayor impacto negativo, favoreciendo el transporte de nutrientes y contaminantes hacia el río. En conjunto, los resultados confirman que la presión agrícola es el principal factor de deterioro progresivo del agua superficial del río Palca.

4.2. DISCUSIONES

Con respecto, a la identificación de las principales actividades agrícolas y los contaminantes asociados en la cuenca del río Palca, en nuestra investigación los resultados obtenidos en la presente investigación evidenciaron que en la cuenca del río Palca predominan cultivos de papa, quinua, cebada, avena y alfalfa, con prácticas agrícolas que varían según la zona: en la parte alta, la agricultura es tradicional y de baja tecnificación, mientras que en la zona media y baja predomina un manejo intensivo con uso de agroquímicos como urea, DAP y plaguicidas organofosforados, además del empleo de estiércol fresco sin tratamiento previo. Estas prácticas generan escorrentía hacia el cauce del río, principalmente en épocas de lluvia, constituyendo una fuente de contaminación difusa. Estos hallazgos se relacionan con los resultados de Stehle y Schulz (2015), quienes demostraron que el 52.4 % de los cuerpos de agua monitoreados a nivel mundial excedían los límites regulatorios de pesticidas, especialmente los organofosforados y piretroides, evidenciando una amenaza global de contaminación agrícola. Asimismo, Stone, Gilliom y Ryberg (2014) identificaron que entre el 61 % y 69 % de los arroyos agrícolas de EE. UU. presentaban plaguicidas por encima de los umbrales ecológicos, con concentraciones de atrazina (2.8 µg/L) y metolacoloro (1.9 µg/L), lo que coincide con la presencia de agroquímicos observada en las zonas media y baja del río Palca. De manera similar, Arana y Paredes (2019) reportaron en el río Chili (Arequipa) valores de nitratos de 46.5 mg/L y coliformes fecales de 2.4×10^4 NMP/100 mL, asociados al uso de fertilizantes y estiércol, resultados comparables con las condiciones



detectadas en Palca, donde las prácticas agrícolas intensivas están directamente vinculadas a la liberación de contaminantes orgánicos y químicos hacia el sistema fluvial.

Con respecto, a la determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en diferentes puntos del río Palca, en nuestra investigación en los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en las zonas alta, media y baja del río Palca, los resultados evidenciaron una variación progresiva en la calidad del agua: el pH se mantuvo entre 7.25 y 7.55, la conductividad eléctrica aumentó de 427.15 a 699.55 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la DBO_5 disminuyó de 21.95 a 6.6 mg/L, y el oxígeno disuelto aumentó de 2.95 a 5.2 mg/L. Los coliformes fecales descendieron de 1950 a 66.5 NMP/100 mL, lo cual refleja procesos de autodepuración, aunque la presencia constante de materia orgánica y nutrientes indica una contaminación agrícola persistente. Estos resultados son consistentes con lo hallado por Cruz y Huallpa (2022) en el río Mantaro, donde los valores de DBO_5 (8.9 mg/L) y nitratos (56.4 mg/L) superaron ampliamente los límites del ECA, señalando un impacto directo del uso de agroquímicos. Asimismo, Silva y Oliveira (2023) en Brasil detectaron nitratos de hasta 63.2 mg/L, fosfatos de 2.7 mg/L y coliformes fecales de 3.6×10^4 NMP/100 mL, vinculados al escurrimiento de fertilizantes y estiércol, resultados que respaldan la magnitud del problema observado en Palca. Finalmente, Quispe (2021) en los ríos Suches y Coata (Puno) reportó DBO_5 de 7.8 mg/L, nitratos de 38.4 mg/L y coliformes fecales de 1.8×10^4 NMP/100 mL, evidenciando un patrón similar de contaminación difusa agrícola. En conjunto, estos resultados confirman que el río Palca presenta

un deterioro moderado de su calidad de agua, atribuible a la descarga continua de nutrientes y materia orgánica desde las zonas agrícolas.

En cuanto, a la relación entre las actividades agrícolas y los niveles de contaminación determinados en las fuentes de agua superficial, estableciendo el grado de impacto sobre la calidad del recurso hídrico, en nuestra investigación el análisis integral de los resultados permitió establecer una relación directa entre la intensidad de las actividades agrícolas y el nivel de contaminación del agua. En la zona alta, las prácticas tradicionales generaron una contaminación baja; en la media, la fertilización mixta incrementó los valores de DBO_5 (10.1 mg/L) y conductividad (589 $\mu\text{S}/\text{cm}$); y en la baja, el uso intensivo de agroquímicos provocó los mayores niveles de DQO (15.1 mg/L) y nitratos (0.95 mg/L), con coliformes fecales de 66.5 NMP/100 mL. Este comportamiento guarda coherencia con los resultados de Mamani y Flores (2023) en el río Vilcanota, donde las concentraciones de DBO_5 (7.6 mg/L), nitratos (44.8 mg/L) y coliformes fecales (2.7×10^4 NMP/100 mL) fueron atribuibles al uso intensivo de agroquímicos y estiércol. Asimismo, Torres y Mamani (2020) en los ríos Huancané y Coata encontraron una correlación positiva significativa entre nitratos (42.6 mg/L) y conductividad eléctrica ($r = 0.74$), lo que evidencia una relación directa entre el uso agrícola intensivo y la carga contaminante del agua, similar a la tendencia observada en Palca. De igual forma, Adebajo et al. (2025) demostraron a escala global que el uso de fertilizantes nitrogenados eleva las concentraciones de nitratos hasta 34.28 mg/L, correlacionándose con la disminución del oxígeno disuelto (<4 mg/L). En síntesis, los resultados obtenidos en Palca confirman que la



intensificación agrícola sin manejo ambiental adecuado incrementa la contaminación difusa del agua, afectando su calidad y evidenciando un impacto directo sobre la sostenibilidad del ecosistema hídrico.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Basado en los resultados obtenidos de la identificación de las principales actividades agrícolas y los contaminantes asociados en la cuenca del río Palca, se concluye que las principales actividades agrícolas en la cuenca del río Palca comprenden el cultivo de papa, quinua, cebada, alfalfa y avena, con prácticas que varían según la zona. En la zona alta predomina una agricultura tradicional con bajo riesgo de contaminación, mientras que en la zona media y baja se observó un uso intensivo de agroquímicos y estiércol sin compostar, que incrementan la escorrentía y el aporte de contaminantes al río. En consecuencia, la zona baja representa el mayor foco de contaminación agrícola en la cuenca.

SEGUNDA: Respecto a la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en diferentes puntos del río Palca, se concluye que los resultados promedio mostraron valores de conductividad eléctrica entre 427.15 y 699.55 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH ligeramente alcalino (7.25–7.55), y un incremento del oxígeno disuelto de 2.95 a 5.2 mg/L en dirección aguas abajo. Asimismo, la DBO_5 disminuyó de 21.95 mg/L en la zona alta a 6.6 mg/L en la baja, indicando una mejora en la calidad del agua. En cuanto a los coliformes fecales, se observó una reducción notable de 1950 NMP/100 mL en la parte alta a 66.5 NMP/100 mL en la baja. En conjunto, los resultados reflejan que la zona alta presenta mayor presión antrópica y contaminación orgánica, mientras que la zona baja evidencia un proceso de autodepuración natural del río.

TERCERA: Con respeto a la evaluación de la relación entre las actividades agrícolas y la calidad del agua superficial del río Palca permitió evidenciar un gradiente de impacto creciente desde la zona alta hacia la baja. En la zona alta, con prácticas tradicionales y uso exclusivo de estiércol compostado, los niveles de DBO_5 (21.95 mg/L) y coliformes (1950 NMP/100 mL) reflejaron una contaminación orgánica moderada. En la zona media, la fertilización mixta y el uso de plaguicidas elevaron la DQO a 25.1 mg/L y redujeron el OD a 4.3 mg/L. Finalmente, la zona baja mostró el mayor deterioro ambiental por agricultura intensiva, riego directo e infiltración de agroquímicos, con DQO de 15.1 mg/L y coliformes fecales de 66.5 NMP/100 mL, concluyéndose que la intensificación agrícola incrementa significativamente la contaminación difusa del río Palca – Lampa.

CUARTA: Como conclusión general, la investigación permitió evaluar el impacto de la contaminación agrícola en la calidad del agua superficial del río Palca, identificándose un deterioro progresivo asociado al incremento de la actividad agropecuaria desde la zona alta hacia la baja. Los análisis demostraron variaciones significativas en parámetros como DBO_5 (de 21.95 a 6.6 mg/L), OD (de 2.95 a 5.2 mg/L) y coliformes fecales (de 1950 a 66.5 NMP/100 mL), evidenciando una relación directa entre las prácticas agrícolas intensivas, el uso de agroquímicos y la calidad del agua.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A los futuros investigadores se les recomienda ampliar el monitoreo de la calidad del agua incluyendo más puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo, para obtener una visión más completa del comportamiento espacial de los contaminantes.

SEGUNDA: A los futuros investigadores se les recomienda realizar muestreos en diferentes épocas del año (época seca y lluviosa), a fin de evaluar la variabilidad estacional de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua.

TERCERA: A los futuros investigadores se les recomienda incorporar el análisis de metales pesados (Pb, Cd, Cu, Zn) y plaguicidas específicos, con el fin de identificar contaminantes persistentes asociados al uso agrícola intensivo.

CUARTA: A los futuros investigadores se les recomienda utilizar herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG) para mapear las áreas agrícolas y establecer con mayor precisión las zonas de riesgo de contaminación difusa.

QUINTA: A los futuros investigadores se les recomienda profundizar en el estudio de la eficiencia de las barreras vegetales y franjas de amortiguamiento, como medidas naturales de mitigación de escorrentía y filtración de contaminantes.

Sexta: A los futuros investigadores se les recomienda evaluar la efectividad de prácticas agrícolas sostenibles, como el uso de biofertilizantes, compost y rotación de cultivos, para reducir la carga de nutrientes en los cuerpos de agua.



SÉPTIMA: Para futuros trabajos se recomienda establecer un programa de monitoreo permanente del río Palca, en coordinación con autoridades locales y ambientales, que permita generar una base de datos continua para la gestión integral del recurso hídrico y el control de la contaminación agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adebanjo, A., Oluwaseun, Zhang, L., Nguyen, T., & Hernández, C. (2025). *Impacto del uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura sobre la calidad del agua: un metaanálisis*.
- Alvarez Barajas, A. D. (2013). *Contaminación generada por ganadería*.
- ANA. (2020). *Gestión integrada de los recursos hídricos en el Perú*. Autoridad Nacional del Agua.
- ANA. (2020). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua*. Autoridad Nacional del Agua del Perú.
- ANA. (2022). *Informe técnico sobre la calidad del agua en ríos de la cuenca del Titicaca, región Puno*. Autoridad Nacional del Agua, Puno.
- ANA. (2023). *Monitoreo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Palca, región Puno*. Autoridad Nacional del Agua, Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú., Puno.
- Apaza, R., & Mamani, P. (2019). *Contaminación agrícola y su relación con la calidad del agua del río Ilave – Puno*. Ilave – Puno.
- APHA. (2017). *Métodos estándar para el análisis de agua y aguas residuales* (23.^a ed.). American Public Health Association.
- Arana, J., & Paredes, M. (2019). *Evaluación de la contaminación de aguas superficiales por el uso de agroquímicos en zonas rurales del sur del Perú*. Revista Peruana de Ciencias Ambientales.
- Arana, J., & Paredes, M. (2019). *Evaluación de la contaminación de aguas superficiales por el uso de agroquímicos en zonas rurales del sur del Perú*. Revista Peruana de Ciencias Ambientales.
- Astonitas Fernandez, Y. E. (s.f.). *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la empresa Pevastar S.A.C. para disminuir el impacto ambiental*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería: Escuela de Ingeniería Industrial. de Ingeniería Industrial, Chiclayo.: 2018.



- Bennett, E. M., Carpenter, S. R., & Caraco, N. (2019). *Impacto humano en los ciclos de nutrientes y la biodiversidad acuática*. Ecological Applications.
- Buckman, H., & Brady, N. (1960). *La naturaleza y las propiedades de los suelos* (6.^a ed.). New York: Mac Millan Co.: Vol. 6th ed.
- Bustamante Pesantes, K. (2015). *Las actividades agrícolas (arroceras) y domésticas y sus relaciones con la calidad del agua del estero chiquito, Parroquia la Victoria, Cantón Salitre, Provincia Guayas*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Calla Navarro, J. A. (2019). *Actividades antrópicas y calidad del agua en la cuenca del río Mashcón*. Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3319/ACTIVIDADES%20ANTR%C3%93PICAS%20Y%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20EN%20LA%20CUENCA%20DEL%20R%C3%8DO%20MASHC%C3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Callata Callata, N. (2022). *Estudio geoquímico y calidad de las aguas superficiales de los ríos Coata y Torococha, provincia San Román – Puno*. San Román – Puno.
- Cárdenas Calvachi, G. L., & Sánchez Ortiz, I. A. (2013). *Nitrógeno en aguas residuales: Orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública*. Colombia.
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (2017). *Contaminación difusa de las aguas superficiales con fósforo y nitrógeno*. Ecological Applications.
- Carrillo, D., & Poma, H. (2023). *Evaluación de la contaminación por agroquímicos en el agua del río Cañete – Lima*. Lima: Revista Nacional de Ciencias Ambientales y Recursos Hídricos.
- Chen, L., & Wang, X. (2022). *Influencia del cultivo intensivo de hortalizas en la calidad del agua superficial en el este de China*. China: Environmental Pollution Research Journal.

- Choque, N., & Quispe, J. (2018). *Evaluación de la calidad del agua del río Coata afectada por actividades agropecuarias*. Coata: Revista Andina de Medio Ambiente.
- Cisterna Osorio, P., & Peña, D. (2017). *Demanda química de oxígeno (DQO) frente a la demanda biológica de oxígeno (DBO)*.
- Condori Samo, J. L. (2023). *Propuesta de implementación del sistema de gestión ambiental ISO 14001 para la planta de beneficio en la empresa Corporacion Minera Ananea S.A., Perú -2023*. Puno - Perú.
- Cruz, M., & Huallpa, V. (2022). *Evaluación del impacto del uso de agroquímicos sobre la calidad del agua del río Mantaro*. Junin: Revista Peruana de Ingeniería Ambiental.
- D'Angelo, M. (2016). *Sitio web de la Compañía de Agua de Argentina*. Argentina.
- Delgado, L., & Salazar, J. (2021). *Efectos del uso de fertilizantes en la calidad del agua del río Chancay – Lambayeque*. Lambayeque: Revista Peruana de Ingeniería Ambiental.
- Dorronsoro, C. (2001). *Salinidad del agua de riego*. Universidad de Granada, Granada.
- EPA. (2020). *Indicadores microbianos de contaminación fecal en el agua: Monitoreo y evaluación*. United States Environmental Protection Agency.
- Escobar, J. (2002). *La Contaminacion de los Rios y sus Efectos en las Áreas Costeras y el Mar*. Santiago de Chile.
- Espinoza, J. C., Marengo, J. A., Ronchail, J., Molina, J., Noriega, L., & Guyot, J. L. (2014). *Las inundaciones extremas de 2014 en la cuenca suroccidental del Amazonas: El papel del gradiente de temperatura superficial del mar (TSM) tropical-subtropical del Atlántico Sur*.
- FAO. (2005). *Impacto de la ganadería en la disponibilidad y la calidad del agua. Conferencia sobre Agua para Alimentos y Ecosistemas: ¡Para que sea una Realidad!*.



- FAO. (2018). *El estado de los recursos hídricos mundiales para la alimentación y la agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2021). *Evaluación de la contaminación agrícola y sus impactos en la calidad del agua a nivel mundial*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma - Italia: Water Report No. 53.
- Flores Torres, X. F., Fray Villacres, P. X., & Moran Quijje, E. E. (2017). *Tratamiento de residuos sólidos en la Unión Europea*. Editorial Saberes del Conocimiento.
- García, L., & Pérez, A. (2021). *Contaminación agrícola y deterioro de la calidad del agua en América Latina: Revisión y perspectivas*. Environmental Research Journal.
- García, P., López, S., & Martínez, R. (2022). *Contaminación agrícola y degradación de las aguas superficiales en Asia y Europa: un estudio comparativo*. Environmental Science Reports.
- GESAMP. (2001). *Protección de los océanos frente a las actividades terrestres: Informes y estudios de GESAMP*. IMO/FAO/UNESCO–IOC/WMO/WHO/AIEA/UN/UNEP-Grupo Mixto de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección del Medio Marino.
- Hernandez Egoavil, M. I. (2020). *Análisis del plan de manejo de residuos sólidos y propuesta de mejora en la unidad minera americana, Compañía Minera Casapalca S. A. - 2019*. Huancayo.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Quinta.ed.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2022). *Metodología de la investigación (7.ª ed.)*. McGraw-Hill Educación.
- Jiménez Granizo, M. J., & Jiménez Vargas, A. J. (2022). *Elaboración de un sistema de gestión para el manejo de residuos en la empresa minera*

CURIMINING S.A. proyecto Curipamba, provincia Bolívar-Ecuador. Ecuador.

- Jiménez, A. A., & Barba, A. (2000). *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas*. Madrid.
- Maia, N. N. (2024). *Gestión de Residuos Sólidos Industriales en una Planta Metalúrgica: Efectos de la Reorganización Ambiental y la Retroalimentación*.
- Mamani, P., & Callata, J. (2021). *Caracterización agroecológica de cultivos predominantes en el altiplano puneño*. Puno: Revista Andina de Desarrollo Rural.
- Mamani, P., & Torres, L. (2020). *Contaminación difusa agrícola en cuencas del altiplano puneño y su efecto en la calidad del agua superficial*. Revista Andina de Medio Ambiente.
- Mamani, R. L. (2019). *Caracterización de residuos sólidos en la Cooperativa Minera Universal – Rinconada*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano], Puno.
- Mamani, W., & Flores, G. (2023). *Efecto del uso de fertilizantes y pesticidas en la calidad de agua superficial del río Vilcanota – Cusco*. Cusco: Revista Cusqueña de Medio Ambiente y Desarrollo.
- Mendoza, M. (1996). *Impacto de la tierra, en la calidad del agua en la microcuenca ríosabalos. Cuenca del rio san juan. Turrialba*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- MINAGRI. (2020). *Boletín agroeconómico del altiplano peruano*. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú.
- MINAM. (2015). *Guía metodológica para la identificación y evaluación de impactos ambientales*. Ministerio del Ambiente del Perú.
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM: Estándares de Calidad Ambiental para Agua*. Ministerio del Ambiente, Lima.



- Molina, R., & Álvarez, C. (2020). *Efectos del uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados sobre la eutrofización en cuerpos de agua andinos*. Revista Latinoamericana de Ingeniería Ambiental.
- Moreno Salazar, M. J. (2022). *Elaboración de una propuesta de mejora para la gestión de residuos en la concesión minera Victoria del año 2022*. Tesis para optar el grado de magister, Tacna - Perú.
- OMS. (2019). *Pautas para la calidad del agua potable (4.ª ed.)*. World Health Organization.
- ONU. (2020). *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático*. París: UNESCO.
- OPS. (2021). *Gestión de la calidad del agua para consumo humano en zonas rurales*. Organización Panamericana de la Salud. Washington D.C.
- Padilla Arsaluz, L. S. (2017). *Variabilidad espacial de la salinidad en suelos del distrito de riego*. Toluca - Mexico.
- Peña Pulla, E. (2007). *Calidad de agua: Trabajo de investigación oxígeno disuelto (OD)*. Trabajo de investigación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil., Guayaquil.
- Quispe Almeyda, E. (2023). *Plan de minimización y manejo de residuos sólidos en una planta de beneficio de mineral de pequeña minería*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Quispe, R. (2021). *Evaluación de la calidad del agua en ríos del altiplano puneño afectados por actividades agropecuarias*. Revista de Ingeniería Ambiental del Perú.
- Quispe, R. (2021). *Evaluación de la calidad del agua en ríos del altiplano puneño afectados por actividades agropecuarias*. Revista de Ingeniería Ambiental del Perú.
- Relyea, R. A., & Hoverman, J. T. (2018). *El impacto de los insecticidas y herbicidas en la biodiversidad y la productividad de las comunidades acuáticas*. Ecological Letters.



- Relyea, R. A., & Hoverman, J. T. (2018). *El impacto de los insecticidas y herbicidas en la biodiversidad y la productividad de las comunidades acuáticas*. Ecology Letters.
- Rodríguez, L., & Fernández, C. (2020). *Impacto de las actividades agrícolas sobre los ecosistemas acuáticos en regiones altoandinas*. Revista Latinoamericana de Medio Ambiente.
- Rojas, C., & Alarcón, L. (2022). *Impacto de la agricultura intensiva en la calidad del agua superficial del valle de Ica*. Ica.
- Sánchez León , A. E. (2020). *Desechos sólidos peligrosos generados en la planta de tratamiento y beneficio de minerales Rumicuri*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, Guayaquil - Ecuador.
- Scarlet, J. (2017). *Problemas que afectan la calidad y cantidad del agua*. Colombia.
- Sela, G. (2017). *La Calidad del Agua de Riego*.
- Sellitto, M. A., & Murakami, F. K. (2020). *Destino de los residuos generados por una planta siderúrgica: un estudio de caso en América Latina*. Aestimum.
- Sequeiros Huancollo, D. P. (2019). *Implementación de un plan de manejo de residuos sólidos en la etapa de construcción de las instalaciones de procesos mineros de la empresa CCCC del Perú SAC*. Ica – Perú. Ica – Perú.
- Silva, M., & Oliveira, P. (2023). *Evaluación de la calidad del agua en cuencas agrícolas afectadas por la escorrentía de fertilizantes en Brasil*. Brasil: Environmental Monitoring and Assessment,.
- Smith, V. H., Schindler, D. W., & Tilman, D. (2020). *Eutrofización: Impactos del exceso de aportes de nutrientes en los ecosistemas de agua dulce, marinos y terrestres*. Science of the Total Environment.
- Stehle, S., & Schulz, R. (2015). *Los insecticidas agrícolas amenazan las aguas superficiales a escala mundial*. Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.



- Stehle, S., & Schulz, R. (2015). *Los insecticidas agrícolas amenazan las aguas superficiales a escala mundial*. Actas de la Academia Nacional de Ciencias.
- Stone, W. W., Gilliom, R. J., & Ryberg, K. R. (2014). *Plaguicidas en arroyos y ríos de EE. UU.: Presencia y tendencias durante 1992-2011*. EE. UU.: Environmental Science & Technology.
- Tamayo, M. (2021). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa.
- Teixeira Correia, G., Sánchez Ortiz, I. A., Dib, G., Dall'Aglio Sobrinho, M., & Matsumoto, T. (s.f.). *Remoción de fósforo de diferentes aguas residuales en reactores aeróbios de lecho fluidizado trifásico con circulación interna*. Universidad de Nariño, Departamento de Engenharia Civil, Brasil.
- Tilman, D., Clark, M., & Williams, D. (2019). *Intensificación agrícola sostenible para proteger los recursos hídricos*. Nature Sustainability.
- Toro, C. G. (2011). *Monitoreo de la calidad del agua- La turbidez*.
- Torres, L., & Mamani, E. (2020). *Contaminación difusa agrícola en cuencas del altiplano puneño y su efecto en la calidad del agua superficial*. Puno: Revista Andina de Medio Ambiente.
- Torres, L., & Mamani, E. (2020). *Contaminación difusa agrícola en cuencas del altiplano puneño y su efecto en la calidad del agua superficial*. Revista Andina de Medio Ambiente.
- Vargas Mora, A. M. (2003). *Análisis físico-químico del agua residual PTAR campus Cajica*. Univesidad Militar Nueva Granada, Programa de Ingeniería civil, Bogotá.
- Vázquez, I. (2009). *Estudio geoquímico de suelos y aguas como base para evaluar la contaminación : relación roca-suelo-agua*.
- Vilca, E., & Flores, R. (2023). *Calidad del agua en la microcuenca del río Torococha bajo influencia de actividades agropecuarias*. Juliaca.



WHO. (2021). *Revisión de la calidad del agua y la salud: Contaminación agrícola y riesgos para la salud humana*. World Health Organization.

Zalidis, G., Stamatidis, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K., & Misopolinos, N. (2017). *Impacto de las prácticas agrícolas en la calidad del agua en Europa*. Agricultural Water Management.



ANEXOS



ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA-LAMPA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
¿Cuál es el impacto de la contaminación generada por las actividades agrícolas en la calidad de las fuentes de agua superficial del río Palca, en el distrito de Lampa, 2025? PROBLEMAS ESPECÍFICOS 1) ¿Cuáles son las principales actividades agrícolas que se desarrollan en la cuenca del río Palca y qué tipos de contaminantes están asociados a ellas? 2) ¿Qué valores presentan los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en los	Evaluar el impacto de la contaminación generada por las actividades agrícolas en la calidad de las fuentes de agua superficial del río Palca, en el distrito de Lampa, 2025. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1) Identificar las principales actividades agrícolas y los contaminantes asociados en la cuenca del río Palca. 2) Determinar los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en diferentes puntos del río Palca.	No es necesario formular hipótesis porque la investigación tiene un enfoque descriptivo y correlacional no experimental	Variable de caracterización: Calidad del agua superficial del río Palca Variable de interés: Actividades agrícolas en la cuenca del río Palca	Tipo de investigación. El tipo de investigación es aplicada, porque busca generar conocimiento útil orientado a la solución de problemas ambientales reales, específicamente la contaminación del agua superficial por actividades agrícolas en el distrito de Lampa. Enfoque de la investigación La investigación adopta un enfoque mixto, debido a que integra componentes cuantitativos y cualitativos para lograr una evaluación integral del impacto de las actividades agrícolas en la calidad del agua superficial del río Palca.



diferentes puntos de muestreo del río Palca? 3) ¿Qué relación existe entre las actividades agrícolas y los niveles de contaminación determinados en las fuentes de agua superficial, y cuál es el grado de impacto sobre la calidad del recurso hídrico?	3) Analizar la relación entre las actividades agrícolas y los niveles de contaminación determinados en las fuentes de agua superficial, estableciendo el grado de impacto sobre la calidad del recurso hídrico.			
---	---	--	--	--

ANEXO 2.

Panel fotográfico



Fotografía 1. Reconocimiento del cauce principal del río Palca – zona alta.



Fotografía 2. Panorámica del valle alto y franja ribereña del río Palca.



Fotografía 3. Bofedal/afloramiento cercano al cauce en la zona alta del río Palca.



Fotografía 4. Toma de muestra de agua superficial en la zona alta del río Palca (05/10/2025).

ANEXO 3

Resultados obtenidos del laboratorio.

**LAQUAMEQ E.I.R.L.**
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL**INFORME DE RESULTADOS N°: LQ - 07225A****DATOS DEL SERVICIO****SOLICITANTE** : SONIA ADUVIRI CUSACANI**PROYECTO** : IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS
EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO
PALCA LAMPA 2025**DATOS DEL ENSAYO****Producto** : Agua natural - Superficial**Numero de muestras** : 11**Fecha de análisis** : 08/07/25**Muestreado por** : El cliente**Código, ubicación, fecha de muestreo:**

Código	Dist./Prov./ Depart.	Lugar	Fecha de muestreo
M - 1	Puno/Puno/Puno	Zona agrícola (cerca cultivos)	07.07/2025
M - 2	Puno/Puno/Puno	Zona intermedia (más alejada de los cultivos, pero aún dentro de la cuenca)	07.07/2025
M - 3	Puno/Puno/Puno	Zona cercana a la desembocadura del río o punto de consumo de agua.	07.07/2025

MÉTODO DE ENSAYO

N°	PARAMETRO	UNIDAD	MÉTODO
1	Temperatura	°C	SM - 2550 B método de laboratorio de campo
2	Turbidez	NTU	Método Nefelométrico
3	Conductividad eléctrica	µS/cm	SM 2510 B Método de laboratorio
4	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	SM 4500 - H
5	Oxígeno disuelto	mg/L	SM 4500 O C Modificación acida
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	SM 5210 B Prueba de DBO de 5 días
7	Demanda química de oxígeno	mg/L	SM 5220 C Reflujo cerrado, método titulométrico
8	Arsénico		SM 3500-As Método de absorción atómica
9	Plomo		SM 3500-Pb Método de absorción atómica
10	Nitrato	mg/L	SM 3500 Mg E Método del Calcio

Jr. Delisua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno - San Román - Juliaca
www.laquameq.com - Cel. 920869679 - 979265920



LAQUAMEQ E.I.R.L. LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

11	Temperatura	°C	816.000 - 804
12	Conductividad eléctrica	µS/cm	816.000 H. Trazadores en condiciones de laboratorio

RESULTADOS

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	M-1	M-2	M-3
1	Temperatura	°C	11.6	11.7	11.8
2	Turbidez	NTU	11.1	11.4	11.7
3	Conductividad eléctrica	µS/cm	111.1	111.2	111.3
4	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	7.4	7.7	7.8
5	Oxígeno disuelto	mg/L	7.2	7.7	8.1
6	Demanda biológica de oxígeno	mg/L	11.1	11.2	11.3
7	Demanda química de oxígeno	mg/L	11.1	11.2	11.3
8	Amonio	mg/L	0.011	0.011	0.011
9	Fosforo	mg/L	0.011	0.011	0.011
10	Nitrato	mg/L	1.1	1.7	1.8
11	Temperatura	°C	11.6	11.7	11.8
12	Conductividad eléctrica	µS/cm	111.1	111.2	111.3

OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra (a) como se analizó.

Fecha de emisión:
17 - 07 - 2021

LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL
Ing. Rocio Kelly Quispe Quispe
CP. 11111111
11111111

Av. Huancayo 79° 312 Barrio 28 de Julio, Puno - San Román - Puno
www.laquameq.com - Cel. 92848479 - 979365920

**LAQUAMEQ E.I.R.L.**
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL**INFORME DE RESULTADOS N°: LQ – 07225B****DATOS DEL SERVICIO****SOLICITANTE** : SONIA ADUVIRI CUSACANI**PROYECTO** : IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS
EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO
PALCA LAMPA 2025**DATOS DEL ENSAYO****Producto** : Agua natural - Superficial
Numero de muestras : 03
Fecha de análisis : 10/07/25
Muestreado por : El cliente**Código, ubicación, fecha de muestreo:**

Código	Dist. (Prov./ Depart.	Lugar	Fecha de muestreo
M – 1	Puno/Puno/Puno	Zona agrícola (cerca cultivos)	09/07/2025
M – 2	Puno/Puno/Puno	Zona intermedia (más alejada de los cultivos, pero aún dentro de la cuenca)	09/07/2025
M – 3	Puno/Puno/Puno	Zona cercana a la desembocadura del río o punto de consumo de agua.	09/07/2025

MÉTODO DE ENSAYO

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
1	Temperatura	°C	SM - 2550 B método de laboratorio de campo
2	Turbidez	NTU	Método Nefelométrico
3	Conductividad eléctrica	µS/cm	SM 2510 B Método de laboratorio
4	Potencial de hidrógeno	Unid. de pH	SM 4500 – H
5	Oxígeno disuelto	mg/L	SM 4500 O C Modificación acida
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	SM 5210 B Prueba de DBO de 5 días
7	Demanda química de oxígeno	mg/L	SM 5220 C Reflujo cerrado, método titulométrico
8	Arsénico	mg/L	SM 3500-As Método de absorción atómica
9	Plomo	mg/L	SM 3500-Pb Método de absorción atómica
10	Nitratos	mg/L	SM 3500 Mg E Método del Calcio
11	Fosfatos	mg/L	SM 4500 – SO4
12	Coliformes fecales	NMP/100ml	SM 9221 B Técnicas estandarizadas de fermentación

Jr. Deístua N° 522 Barrio 28 de Julio, Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920



LAQUAMEQ E.I.R.L. LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

RESULTADOS

N°	PARAMETRO	UNIDAD	M-1	M-2	M-3
1	Temperatura	°C	13.5	13.7	13.5
2	Turbidez	NTU	70.5	42.6	18.6
3	Conductividad eléctrica	µS/cm	649.7	395.1	715.7
4	Potencial de hidrógeno	Unid. de pH	7.1	7.4	7.5
5	Oxígeno disuelto	mg/L	2.7	3.9	5.0
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	25.4	11.9	8.5
7	Demanda química de oxígeno	mg/L	54.1	26.5	10.6
8	Arsénico	mg/L	0.014	0.001	0.001
9	Plomo	mg/L	0.017	0.001	0.001
10	Nitratos	mg/L	2.6	1.9	1.1
11	Fosfatos	mg/L	2.1	1.7	0.9
12	Coliformes fecales	NMP/100ml	1500	930	90

OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió

Fecha de emisión
24 - 07 - 2025

LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
[Firma]
Ing. Kevin Kelly Quispe Quispe
CIP 194084
GERENTE

Jr. Detstua N° 522 Barrio 28 de Julio, Puno - San Román - Juliaca
www.laquameq.com - Cel. 920869679 - 979265920



ANEXO 4.

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. Lista de verificación (Checklist de observación de campo)

Objetivo: Registrar de manera sistemática las actividades agrícolas, uso de agroquímicos, prácticas de riego y condiciones del entorno en las zonas alta, media y baja del río Palca – Lampa.

Zona de muestreo: ☐ Alta ☐ Media ☒ Baja

Código de parcela: 01 Fecha: 05 / 10 / 2025

Item observado	Opciones / Descripción	Observaciones
Cultivo principal	☐ Papa ☐ Cebada ☐ Quinoa ☒ Avena ☒ Alfalfa ☐ Otro: _____	Cultivos continuos durante todo el año.
Etapas fenológicas	☐ Siembra ☐ Desarrollo ☒ Floración ☒ Cosecha	Actividad intensiva de forraje.
Tipo de riego	☒ Inundación ☐ Aspersión ☐ Goteo Frecuencia: <u>3</u> veces/semana	Canales rusticas conetada directamente al río.
Uso de fertilizantes	☒ Urea <u>100</u> kg/ha ☒ DAP <u>60</u> kg/ha ☒ Estiércol <u>3</u> t/ha ☐ Otro: _____	Uso intensivo de agroquímicos.
Uso de plaguicidas/herbicidas	Producto: <u>Glifosato y metamidofos</u> Frecuencia: <u>15</u> veces/mes	Alta frecuencia de aplicación.
Estiércol compostado	☐ Sí ☒ No	Uso directo sin compostaje.
Cobertura del suelo	☐ Mulch ☐ Rastrojo ☒ Sin cobertura	Erosión evidente tras riego e inundación.
Pendiente del terreno	☒ Baja ☐ Media ☐ Alta	Area plana cercana al río.
Distancia al río	☒ <30 m ☐ 30–100 m ☐ >100 m	Cultivos casi en contacto con el cause.
Barrera vegetal	☐ Sí (ancho _____ m) ☒ No	Desmonte total del borde ribereño.
Evidencia de escorrentia	☒ Sí ☐ No	Flojo visible hacia el río.
Almacenamiento de agroquímicos	☐ Adecuado ☒ Inadecuado	Restos de envases cerca del canal de riego.

Responsable de campo: Sonia Aduviri Cusacani



INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. Lista de verificación (Checklist de observación de campo)

Objetivo: Registrar de manera sistemática las actividades agrícolas, uso de agroquímicos, prácticas de riego y condiciones del entorno en las zonas alta, media y baja del río Palca – Lampa.

Zona de muestreo: ☐ Alta ☒ Media ☐ Baja

Código de parcela: 01 Fecha: 05 / 10 / 2025

Ítem observado	Opciones / Descripción	Observaciones
Cultivo principal	☒ Papa ☒ Cebada ☐ Quinua ☐ Avena ☐ Alfalfa ☐ Otro: _____	Parcelas medianas con riego frecuente.
Etapas fenológicas	☐ Siembra ☐ Desarrollo ☒ Floración ☐ Cosecha	Actividad Intensiva
Tipo de riego	☒ Inundación ☐ Aspersión ☐ Goteo Frecuencia: <u>2</u> veces/semana	Canales rústicos derivan agua del río.
Uso de fertilizantes	☒ Urea <u>90</u> kg/ha ☒ DAP <u>45</u> kg/ha ☐ Estiércol ____ t/ha ☐ Otro: _____	Fertilización mixta (química orgánica)
Uso de plaguicidas/herbicidas	Producto: <u>Clorpirifos-glifosato</u> Frecuencia: <u>1-2</u> veces/mes	Aplican sin equipos de protección adecuado.
Estiércol compostado	☐ Sí ☒ No	Aplican estiércol fresco.
Cobertura del suelo	☐ Mulch ☐ Rastrojo ☒ Sin cobertura	Mayor exposición al sol y erosión.
Pendiente del terreno	☐ Baja ☒ Media ☐ Alta	Desnivel moderado con drenaje natural.
Distancia al río	☐ <30 m ☒ 30-100 m ☐ >100 m	Cercanía media al cause.
Barrera vegetal	☐ Sí (ancho ____ m) ☒ No	Cultivos llegan casi al borde.
Evidencia de escorrentía	☒ Sí ☐ No	Escorrentía hacia el cause tras lluvias.
Almacenamiento de agroquímicos	☐ Adecuado ☒ Inadecuado	Guardan insomnos en galones sin ventilación.

Responsable de campo: Sonia Aduviri Cusacani



INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. Lista de verificación (Checklist de observación de campo)

Objetivo: Registrar de manera sistemática las actividades agrícolas, uso de agroquímicos, prácticas de riego y condiciones del entorno en las zonas alta, media y baja del río Palca – Lampa.

Zona de muestreo: ☒ Alta ☐ Media ☐ Baja

Código de parcela: 01 Fecha: 05 / 10 / 2025

Ítem observado	Opciones / Descripción	Observaciones
Cultivo principal	☒ Papa ☐ Cebada ☒ Quinua ☐ Avena ☐ Alfalfa ☐ Otro: _____	Cultivo en tenazas tradicionales
Etapas fenológicas	☐ Siembra ☒ Desarrollo ☐ Floración ☐ Cosecha	Cultivo reciente de siembra.
Tipo de riego	☐ Inundación ☒ Aspersión ☐ Goteo Frecuencia: _____ veces/semana	Captan agua del río mediante canales rústicos.
Uso de fertilizantes	☐ Urea _____ kg/ha ☐ DAP _____ kg/ha ☒ Estiércol <u>4</u> t/ha ☐ Otro: _____	no se emplean fertilizantes químicos.
Uso de plaguicidas/herbicidas	Producto: <u>Solo biopreparados</u> Frecuencia: _____ veces/mes	Manejo de orgánico natural.
Estiércol compostado	☒ Sí ☐ No	compostaje de 30-40 días.
Cobertura del suelo	☐ Mulch ☒ Rastrojo ☐ Sin cobertura	Buena cobertura vegetal.
Pendiente del terreno	☐ Baja ☒ Media ☐ Alta	Terreno con tenazas de contención
Distancia al río	☐ <30 m ☐ 30-100 m ☒ >100 m	Buen aislamiento del cauce.
Barrera vegetal	☒ Sí (ancho <u>3</u> m) ☐ No	Vegetación natural de ichu.
Evidencia de escorrentía	☐ Sí ☒ No	No se observan surcos ni erosión.
Almacenamiento de agroquímicos	☐ Adecuado ☐ Inadecuado	No se usan químicos industriales

Responsable de campo: Sonia Adoviri Cusacani

2. Guía de entrevista semiestructurada a agricultores

Objetivo: Obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca.

1. ¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?

Respuesta: Generalmente quinua y papa, la siembra en septiembre - Octubre, la cosecha entre marzo - Abril.

2. ¿Qué tipos de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?

Respuesta: Utiliza estiércol compostado (4t/ha) aplicando una vez por campaña.

3. ¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?

Respuesta: Aspersión 1 vez por semana, mediante canales rusticas desde el río.

4. ¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente? ¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?

Respuesta: No emplean plaguicidas químicos, algunos usan biopreparados naturales.

5. ¿Cómo maneja el estiércol del ganado? ¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?

Respuesta: Compostan el estiércol entre 30 y 40 días antes de aplicarlo.

6. ¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río? ¿De qué ancho aproximadamente?

Respuesta: Si, barrera vegetal natural de ichu o pasto de 3-4 metros.

7. ¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?

Respuesta: No se observa arrastre, los suelos tienen buena cobertura vegetal.

8. ¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?



Respuesta: No perciben cambios, el agua se mantiene
limpia y clara.

9. ¿Qué medidas cree que podrían ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río
Palca?

Respuesta: Mantener barreras vegetales y continuar con
Prácticas orgánicas.

Entrevistador: SONIA ADUVIRI CUSA CANI Fecha: 05/10/2025

OBSERVACIONES:

ZONA DE MUESTREO: Alta

CODIGO DE PARCELA: 02

2. Guía de entrevista semiestructurada a agricultores

Objetivo: Obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca.

1. ¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?

Respuesta: Principalmente quinua y papa, siembra en el mes Septiembre - Octubre, cosecha entre marzo - Abril.

2. ¿Qué tipos de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?

Respuesta: Solo estiércol compostado (4t/ha) aplicando una vez por campaña anual.

3. ¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?

Respuesta: Aspersión, 1 vez por semana, mediante canales rusticas desde el río.

4. ¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente? ¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?

Respuesta: No emplean plaguicidas químicos y algunos usan biopreparados naturales.

5. ¿Cómo maneja el estiércol del ganado? ¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?

Respuesta: Compostan el estiércol entre 30 y 40 días antes de aplicarlo.

6. ¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río? ¿De qué ancho aproximadamente?

Respuesta: Si, barrera vegetal natural de ichu o pasto de 3-4 metros.

7. ¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?

Respuesta: No se observa arrastre, los suelos tienen buena cobertura vegetal.

8. ¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?



Respuesta: No perciben cambios, el agua se mantiene
limpio y clara.

9. ¿Qué medidas cree que podrían ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río
Palca?

Respuesta: Mantener barreras vegetales y continuar con
prácticas orgánicas.

Entrevistador: SONIA ADUVIRI CUSACANI Fecha: 05/10 / 2025

OBSERVACIONES:

ZONA DE MUESTREO: Alta

CODIGO DE PARCELA : 03

2. Guía de entrevista semiestructurada a agricultores

Objetivo: Obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca.

1. ¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?

Respuesta: Cultivos de papa y cebada, siembra en septiembre y octubre, cosecho en abril - Mayo.

2. ¿Qué tipos de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?

Respuesta: Combinación de urea (80-100 Kg/ha), DAP (40 Kg/ha) y estiércol fresco (2t/ha) aplicados al inicio y mitad de la cosecha.

3. ¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?

Respuesta: Inundación, 2 veces por semana, con canales artesanales construidas por los pobladores.

4. ¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente? ¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?

Respuesta: Aplican dorpifos y glifosato, entre 1 y 2 veces por mes, sin equipo de protección adecuado.

5. ¿Cómo maneja el estiércol del ganado? ¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?

Respuesta: En su mayoría lo usan fresco, sin tratamiento previo.

6. ¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río? ¿De qué ancho aproximadamente?

Respuesta: No existe barreras, los cultivos llegan hasta 30 metros del cauce.

7. ¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?

Respuesta: Si, se observan surcos y erosión moderada hacia el cauce.

8. ¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?



Respuesta: Indican que el agua se enturbia y presenta olor leve a quimicos tras lluvias o riegos.

9. ¿Qué medidas cree que podrían ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río Palca?

Respuesta: Promover el uso racional de agroquimicos y la capacitación técnica a agricultores.

Entrevistador: SONIA ABOVIRI CUSACANI Fecha: 05/10/2025

OBSERVACIONES:

ZONA DE MUESTREO: Media

CODIGO DE PARCELA: 03

2. Guía de entrevista semiestructurada a agricultores

Objetivo: Obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca.

1. ¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?

Respuesta: Predomina la alfalfa y avena forrajera, cultivadas durante todo el año con rotaciones estacionales.

2. ¿Qué tipos de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?

Respuesta: Uso intensivo de urea (100 kg/ha) DAP (60-70 kg/ha) y estiércol fresco (3t/ha), con aplicaciones mas frecuentes.

3. ¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?

Respuesta: Inundación directa, 3 veces por semana, con canales conectadas al cause principal.

4. ¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente? ¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?

Respuesta: Uso de glifosato, metamidofos y clorpirifos cada 15 días, especiales y en su mayoría en cultivos de forraje.

5. ¿Cómo maneja el estiércol del ganado? ¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?

Respuesta: No compostan aplican directamente despues del riego.

6. ¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río?

¿De qué ancho aproximadamente?

Respuesta: No mantienen vegetación los cultivos estan a menos de 20-30 metros del río.

7. ¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?

Respuesta: Si hay escorrentia directa al río, sobre todo durante lluvias o riego.

8. ¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?



Respuesta: Perciben un deterioro notable con olor a agroquímicos y color verdoso, atribuyen en cambio al uso excesivo de fertilizantes y pluviosidad

9. ¿Qué medidas cree que podrían ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río Palca?

Respuesta: Implementar franjas de protección vegetal, manejo adecuado de residuos y riegos controlados.

Entrevistador: Sonia Aduviri Cusacani Fecha: 05/10/2025

OBSERVACIONES:

ZONA DE MUESTREO: Baja

CODIGO DE PARCELA: 01

2. Guía de entrevista semiestructurada a agricultores

Objetivo: Obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca.

1. ¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?

Respuesta: Cultivos de papa y cebada, siembra en septiembre y octubre y la cosecha en Abril - Mayo.

2. ¿Qué tipos de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?

Respuesta: Combinación de urea (80 - 100 kg/ha), DAP (40 kg/ha) y estiércol fresco (2t/ha) aplicados al inicio y mitad de la campaña.

3. ¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?

Respuesta: Inundación, 2 veces por semana, con canales artesanales construidas por los pobladores.

4. ¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente? ¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?

Respuesta: Aplican clorpirifos y glifosato, entre 1 y 2 veces por mes, sin equipo de protección adecuado.

5. ¿Cómo maneja el estiércol del ganado? ¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?

Respuesta: En su mayoría lo usan fresco, sin tratamiento previo.

6. ¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río? ¿De qué ancho aproximadamente?

Respuesta: No existe barreras, los cultivos llegan hasta 30 metros del cause.

7. ¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?

Respuesta: Si, se observan surcos y erosión moderada hacia el cause.

8. ¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?



Respuesta: Indican que el agua se enturbia y presenta olor leve a quimicos tras lluvias o riegos.

9. ¿Qué medidas cree que podrían ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río Palca?

Respuesta: Promover el uso racional de agroquimicos y la capacitación técnica a agricultores.

Entrevistador: SONIA ADUVIRI CNSACANI Fecha: 05/10/2025

OBSERVACIONES:

ZONA DE MUESTREO : media

CODIGO DE PARCELA : 04

2. Guía de entrevista semiestructurada a agricultores

Objetivo: Obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca.

1. ¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?

Respuesta: Predomina la alfalfa y avena forrajera, cultivadas durante todo el año con rotaciones estacionales.

2. ¿Qué tipos de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?

Respuesta: Uso intensivo de urea (100 kg/ha) DAP (60-70 kg/ha) y estiércol fresco (3t/ha), con aplicaciones mas frecuentes.

3. ¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?

Respuesta: Inundación directa, 3 veces por semana, con canales conectadas al cauce principal.

4. ¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente? ¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?

Respuesta: Uso de glifosato, metamidofos y clorpirifos cada 15 días, especialmente en cultivos de forraje.

5. ¿Cómo maneja el estiércol del ganado? ¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?

Respuesta: No compostan aplican directamente despues del riego.

6. ¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río?

¿De qué ancho aproximadamente?

Respuesta: No mantienen vegetación los cultivos estan a menos de 20-30 metros del río

7. ¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?

Respuesta: Si hay escorrentia directa al rio, sobre todo durante lluvias o riego.

8. ¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?



Respuesta: Perciben un deterioro notable con olor a agroquímicos y color verdoso, atribuyen en cambio al uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas.

9. ¿Qué medidas cree que podrían ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río Palca?

Respuesta: Implementar franjas de protección vegetal, manejo adecuado de residuos y riegos controlados.

Entrevistador: SONIA ADUVIRI CUSACANI Fecha: 05/10/2025

OBSERVACIONES:

ZONA DE MUESTREO: Baja

CODIGO DE PARCELA: 02

2. Guía de entrevista semiestructurada a agricultores

Objetivo: Obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca.

1. ¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?

Respuesta: Principalmente quinua y papa, la siembra en el mes de septiembre-octubre y la cosecha entre los meses marzo - Abril.

2. ¿Qué tipos de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?

Respuesta: Solo utilizan estiércol compostado (4t/ha) aplicando una vez por campaña anual.

3. ¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?

Respuesta: Sistema de riego por aspersión, 1 vez por semana, mediante canales rusticas desde el río.

4. ¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente? ¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?

Respuesta: No emplean plaguicidas quimicos y algunos usan biopreparados naturales.

5. ¿Cómo maneja el estiércol del ganado? ¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?

Respuesta: Compostan el estiércol entre 30 y 40 días antes de aplicarlo.

6. ¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río? ¿De qué ancho aproximadamente?

Respuesta: Si, barrera vegetal natural de ichu o pasto de 3-4 metros.

7. ¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?

Respuesta: No se observa arrastre, los suelos tienen buena cobertura vegetal.

8. ¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?



Respuesta: No perciben cambios, el agua se mantiene
limpia y clara.

9. ¿Qué medidas cree que podrían ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río
Palca?

Respuesta: Mantener barreras vegetales y continuar con
prácticas orgánicas.

Entrevistador: SONIA ADOVIRI CUSACANI Fecha: 05 / 10 / 2025

OBSERVACIONES :

ZONA DE MUESTREO : Alto

CODIGO DE PARCELA : 01

2. Guía de entrevista semiestructurada a agricultores

Objetivo: Obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca.

1. ¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?

Respuesta: Cultivos de papa y cebado, Siembra en el mes de Septiembre - octubre y la cosecha en el mes Abril - Mayo

2. ¿Qué tipos de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?

Respuesta: Combinación de Urea (80-100 Kg/ha) DAP (40 Kg/ha) y estiércol fresco (2t/ha) aplicados al inicio y mitad de la campaña.

3. ¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?

Respuesta: Inundación, 2 veces por semana, con canales artesanales construidas por los pobladores.

4. ¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente? ¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?

Respuesta: Aplican clorpirifos y glifosato, entre 1 y 2 veces por mes, sin equipo de protección adecuado.

5. ¿Cómo maneja el estiércol del ganado? ¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?

Respuesta: En su mayoría lo usan fresco, sin tratamiento previo.

6. ¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río?

¿De qué ancho aproximadamente?

Respuesta: No existe barreras, los cultivos llegan hasta 30 metros del cause.

7. ¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?

Respuesta: Si, se observan surcos y erosión moderada hacia el cause.

8. ¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?



Respuesta: Indican que el agua se enturbia y presenta olor leve a quimicos tras lluvias o riegos.

9. ¿Qué medidas cree que podrían ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río Palca?

Respuesta: Promover el uso racional de agroquimicos y la capacitación técnica a agricultores.

Entrevistador: SONIA ADUVIRI CUSACANI Fecha: 05/10/2025

OBSERVACIONES:

ZONA DE MUESTREO : Media

CODIGO DE PARCELA : 01

2. Guía de entrevista semiestructurada a agricultores

Objetivo: Obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca.

1. ¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?

Respuesta: Realizan cultivos de papa y cebada, siembra en septiembre - octubre, cosecha en Abril - Mayo.

2. ¿Qué tipos de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?

Respuesta: Combinación de urea (80 - 100 Kg / ha), DAP (40 Kg / ha) y estiércol fresco (2t / ha) aplicados al inicio y mitad de la campaña.

3. ¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?

Respuesta: Sistema de riego por inundación, 2 veces por semana, con canales artesanales construidas por la población.

4. ¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente? ¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?

Respuesta: Aplican clorpirifos y glifosato, entre 1 y 2 veces por mes, sin equipo de Protección adecuado.

5. ¿Cómo maneja el estiércol del ganado? ¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?

Respuesta: En su mayoría lo usan fresco, sin tratamiento previo.

6. ¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río? ¿De qué ancho aproximadamente?

Respuesta: No existe barreras, los cultivos llegan hasta 30 metros de cauce.

7. ¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?

Respuesta: Si, se observan surcos y erosión moderada hacia el cauce.

8. ¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?



Respuesta: Indican que el agua se enturbia y presenta olor leve a quimicos tras lluvias o riegos.

9. ¿Qué medidas cree que podrian ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río Palca?

Respuesta: Concientizar el uso racional de agroquimicos y la capacitación técnica a agricultores.

Entrevistador: SONIA ABLUVIRI CHSACANI Fecha: 05/10/2025

OBSERVACIONES:

ZONA DE MUESTREO: Media

CODIGO DE PARCELA: 02

2. Guía de entrevista semiestructurada a agricultores

Objetivo: Obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas, uso de agroquímicos, manejo del estiércol y percepción de los agricultores respecto a la calidad del agua del río Palca.

1. ¿Qué cultivos trabaja actualmente y en qué meses realiza las siembras y cosechas?

Respuesta: Predomina la alfalfa y avena forrajera, cultivadas durante todo el año con rotaciones estacionales.

2. ¿Qué tipos de fertilizantes utiliza (urea, DAP, estiércol, otros) y con qué frecuencia o cantidad aproximada?

Respuesta: Uso intensivo de urea (100 Kg/ha) DAP (60-70 Kg/ha) y estiércol fresco (3t/ha), con aplicaciones mas frecuentes

3. ¿Qué tipo de sistema de riego emplea (inundación, aspersión, goteo) y cada cuántos días riega sus cultivos?

Respuesta: Inundación directa, 3 veces por semana, con canaletas conectadas al cause principal.

4. ¿Qué plaguicidas o herbicidas ha utilizado recientemente? ¿Cuántas veces los aplica durante la campaña?

Respuesta: Uso de glifosato, metamidofos y clorpirifos cada 15 días, especialmente en cultivos de forraje.

5. ¿Cómo maneja el estiércol del ganado? ¿Lo compostan antes de aplicarlo o lo utilizan fresco?

Respuesta: No compostan aplican directamente despues del riego.

6. ¿Mantiene alguna franja de vegetación o barrera natural entre su chacra y el río?

¿De qué ancho aproximadamente?

Respuesta: No mantienen vegetación los cultivos estan a menos de 20-30 metros del rio.

7. ¿Durante las lluvias observa que el agua forme surcos o arrastre tierra hacia el río?

Respuesta: Si hay escorrentia directa al rio, sobre todo durante lluvias o riego.

8. ¿Considera que el agua del río Palca ha cambiado su color, olor o calidad en los últimos años? ¿Por qué cree que sucede eso?



Respuesta: Perciben un deterioro notable con olor a agroquímico y color verdoso, atribuyen en cambio al uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas.

9. ¿Qué medidas cree que podrían ayudar a reducir la contaminación agrícola en el río Palca?

Respuesta: Implementar franjas de protección vegetal, manejo adecuado de residuos y riegos controlados.

Entrevistador: SONIA ADOVIRI CUSACANI Fecha: 05/10/2025

OBSERVACIONES:

ZONA DE MUESTREO: Baja

CODIGO DE PARCELA: 03

ANEXO 5.

Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 4 – Subcategoría E2 “Ríos”.

18		NORMAS LEGALES			Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano	
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático						
Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,0000036	0,0000036



El Peruano / Miércoles 7 de junio de 2017						
NORMAS LEGALES						
Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

VALIDACION DE INSTRUMENTO

IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	SONIA ADUVIRI CUSACACNI

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81–100%
19. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					98 %
20. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					98%
21. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					99%
22. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98%
23. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					95%
24. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					98%
25. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					99%
26. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					95%
27. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					95%

III. OPINION DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación..... ☒
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación..... ☐

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

97.22%

VALIDACION DE INSTRUMENTO

IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	SONIA ADUVIRI CUSACACNI

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	RÉGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81–100%
19. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					98 %
20. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					98%
21. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					99%
22. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98%
23. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					95%
24. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					98%
25. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					99%
26. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					95%
27. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					95%

III. OPINION DE APPLICATIBILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación..... ☒
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación..... ☐

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

97.22%

VALIDACION DE INSTRUMENTO

IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES DE AGUA
SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	Ruth Carmen Gutierrez Condori
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	Ing. Sanitario y Ambiental
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	SONIA ADUVIRI CUSACANI

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE 0 - 20%	REGULAR 21 - 40%	BUENA 41 - 60%	MUY BUENA 61 - 80%	EXCELENTE 81 - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					98%
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					95%
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					94%
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98%
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					97%
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					95%
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					96%
8. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					96%
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					94%

III. OPINION DE APLICATIBILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación..... ☒
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación..... ☐

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

95.88%

Ruth Carmen Gutierrez Condori
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL
CIP. 281710



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 02 - 12 - 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: SONIA ADUVIRI CUSACANI

Dirección: COM. JACHOCCO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 77351528

Teléfono: 935420002

email: soniaaduviri408@gmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono:

email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐

Tesis ☒

Trabajo de Suficiencia Profesional ☐

Trabajo Académico ☐

Título: IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DE FUENTES
DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PALCA LAMPA 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): CONTAMINACIÓN AGRÍCOLA, CALIDAD DEL AGUA, RÍO PALCA, PARAMETROS
FÍSICOQUÍMICOS, COLIFORMES FECALIS

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

02 - 12 - 2025

Fecha