

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL



**CALIDAD DE AGUA EN EL RÍO HUALLAGA Y SUS TRIBUTARIOS SEGÚN EL
ÍNDICE DE OREGÓN, TINGO MARÍA, HUÁNUCO**

Tesis

Para optar el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA,
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

RESENTADO POR:

Ing. M.Sc. DELIA YOLANDA SIAS BAYLON

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
UNIDAD DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

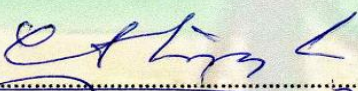
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
Nro. 015-UPG-FRNR-UNAS


En la ciudad universitaria, siendo las 04:00 p.m. del viernes 15 de diciembre de 2023, reunidos de manera presencial en el auditorio de la Escuela de Posgrado, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:


**"CALIDAD DE AGUA EN EL RIO HUALLAGA Y SUS
TRIBUTARIOS SEGÚN EL ÍNDICE DE OREGÓN, TINGO MARÍA,
HUÁNUCO"**

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención: Gestión Ambiental **SIAS BAYLÓN, DELIA YOLANDA.**

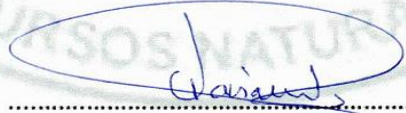
Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO** Acto seguido, a horas **06:00 p.m.** el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.


.....
Dr. CÉSAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ
Presidente del Jurado


.....
Dr. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO
Miembro del Jurado


.....
Dr. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
Miembro del Jurado


.....
Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO
Asesor


.....
Dr. CASIANO AGUIRRE ESCALANTE
Asesor



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 095 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Maestría en Gestión Ambiental

Tipo de documento:

Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD DE AGUA EN EL RÍO HUALLAGA Y SUS TRIBUTARIOS SEGÚN EL ÍNDICE DE OREGÓN, TINGO MARÍA, HUÁNUCO	DELIA YOLANDA SIAS BAYLON	19 % Diecinueve

Tingo María, 14 de marzo de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomás Menacho Mallqui
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL



CALIDAD DE AGUA EN EL RÍO HUALLAGA Y SUS TRIBUTARIOS SEGÚN EL ÍNDICE DE OREGÓN, TINGO MARÍA, HUÁNUCO

Autor	: Ing.M.Sc. Delia Yolanda Sias Baylon
Asesor	: Dr. Ladislao Ruiz Rengifo
	: Dr. Casiano Aguirre Escalante
Programa de investigación	: Ciencias y tecnologías ambientales.
Línea de investigación	: Nivel de contaminación ambiental
Eje temático de investigación	: Contaminación del agua
Lugar de ejecución	: Tulumayo y Monzón
Duración del trabajo	: siete meses
Financiamiento	: 6998 soles
FEDU	: No
Propio	: Si
Otros	: No

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, amarme, guiarme, protegerme de todo mal y ser la niña de sus ojos. Por estar en los momentos de alegría, triunfo, éxito, gloria, bendición, victoria, prosperidad, fortaleza, restauración, sanidad, salvación, liberación y justicia. Así mismo por quitar todo los obstáculos y piedras que me impiden lograr mis objetivos en la vida. Es mi roca y mi fortaleza en mis momentos de debilidad, me guía por senderos correctos, es misericordioso regalándome la sabiduría, inteligencia, capacidad y potencialidad. Le doy la gloria y la honra de poder culminar con mucho éxito la tesis de maestría de Gestión ambiental. Dios me enseñó que hay tres cosas que son importante y permanente: la fe, esperanza y el amor. Pero lo más importante es el amor.

A mis padres Richar Sias Rodríguez y Luisa Baylón Trujillo, por darme la vida. Por enseñarme valores, principios y ética profesional. Por guiarme y motivarme en cada paso que doy en lo académico y profesional. Son la inspiración para seguir siempre adelante, por enseñarme a nunca rendirme en la vida y a luchar por todos mis sueños y metas. Agradezco infinitamente su apoyo incondicional, sin ustedes no hubiera podido seguir adelante. Dios los escogió para que sean mis padres en la tierra. Es una bendición ser su hija, gracias por su amor que va más allá de la frontera y paciencia. Me enseñaron los valores más importantes como la perseverancia, fuerza

y la valentía. Siempre han confiado en mí y en mis capacidades. Son pilares fundamentales en mi vida y esta tesis de maestría es tanto su logro como el mío, todo sacrificio que han hecho por mi hoy da su fruto. Espero que se sienta muy orgullosa de mí.

A mis hermanos Blendy Barrera Baylón y Conny Darlin Sias Baylón por estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos, por su amor, amistad y cariño. Tantos momentos alegres y felices que hemos compartido los tres. Siempre estaré agradecida con ustedes por estar en mis luchas, sueños, éxitos, victoria y triunfo. A mis sobrinos Daiana, Ronaldo, Kendall, Dylan y Noah; por ser mi motivación, inspiración y la felicidad de mi vida, los amo demasiado como si fueran mis hijos. Con esta investigación quiero que se sienta orgullosa de su tía y que sigan mi camino. Les demuestro que con perseverancia y confianza en uno mismo se puede llegar muy lejos. Las metas y los sueños se cumplen, todo depende de uno.

Con gratitud y admiración, dedico la tesis de maestría a mí misma. Es un homenaje a todas las horas dedicadas al estudio, investigación y análisis. Mi compromiso con la excelencia académica y el crecimiento personal me ha llevado hasta aquí. Que este logro me impulse a seguir alcanzando nuevas metas y desafíos. Gracias a mi perseverancia, fuerza, valentía resistencia, resiliencia, fe, esperanza, disciplina y sobre todo por nunca rendirme ante los obstáculos que hay en la vida. Por confiar siempre en mi capacidad, potencialidad, don y

talentos que el señor Jehová me regalo. Este trabajo de investigación es un recordatorio, que puedo lograr grandes cosas en la vida. Y mi fe en Dios me llevara muy lejos y a ocupar un cargo grande en el trabajo. Como dice la palabra de Dios, me ha creado para ser cabeza y no cola. Para estar arriba y nunca abajo. Por nunca escuchar la voz de las personas que no creían en mí y a los envidiosos, por seguir adelante, las limitaciones son de ellos y no las mía.

A todas las personas que me hicieron sentir pequeña y sin valor, les dedico esta tesis de maestría. Gracias por desafiar mi autoestima y empujarme a buscar la grandeza dentro de mí. Este logro es el resultado de mi capacidad para superar las adversidades y demostrar mi valía.

AGRADECIMIENTOS

- ✓ A DIOS, por darme la vida, salud, inteligencia, don, talento, sabiduría, capacidad, potencialidad, discernimiento de espíritu, para poder culminar con mucho éxito y triunfo la tesis de maestría de Gestión Ambiental. Por acompañarme y guiarme a lo largo de mi carrera, por ser mi roca y fortaleza en mis momentos de debilidad. Esta tesis es una gran bendición y es gracias a ti padre Jehová que se pudo cumplir esta meta. La gloria y la honra es para ti señor siempre. Gracias por tu misericordia, amor y sobre todo por tu protección divina.
- ✓ Hoy me siento contenta y muy feliz de culminar con éxito la tesis de maestría, una meta cumplida en mi vida académica y profesional. Mis padres que me enseñaron a nunca a rendirme en la vida y que todo esfuerzo tiene su recompensa en el presente y futuro. La tesis fue ejecutada con la ayuda de personas muy valiosas que ayudaron y han contribuido con sus conocimientos, para que esta investigación llegue a destacar. Es necesario expresar mi gratitud y agradecimiento a todos.
- ✓ A mis padres Richar Sias Rodríguez y Luisa Baylón Trujillo por apoyarme en todo momento. Por los valores que me han infundido y por darme una excelente educación, que es el mejor regalo que me pueden dar en vida. Siempre me ha enseñado a luchar por mis sueños y metas. Gracias por ser mis mentores y guía. Son ejemplo de perseverancia y dedicación. Les agradezco inmensamente por creer y confiar en mi capacidad y potencialidad. Me forjaron para ser la persona que hoy en día soy. Dios no se equivocó en bendecirme con unos padres como ustedes aquí en la tierra.
- ✓ A mis hermanos (Blendy y Conny) y sobrinos (Daiana, Ronaldo, Kendall, Dylan y Noah), Por ser parte muy importante de mi vida y aportarme sentimientos muy buenos. Son lo mejor que la vida me ha dado, son únicos, especiales y diferentes. Ustedes representan la unión familiar, la motivación e inspiración.
- ✓ A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por contribuir en mis conocimientos y formación durante la etapa de pos grado.
- ✓ A mis asesores de tesis, al Dr. Ladislao Rengifo Ruiz y Dr. Casiano Aguirre Escalante, por sus amplios conocimientos, valiosa orientación y paciencia. Fueron pilares fundamentales para la ejecución del proyecto y lograr los resultados que presento hoy. Les agradezco enormemente por su apoyo, amabilidad, dedicación y compromiso con la investigación.

Me brindaron una dirección clara y lograron que supere mis límites y a mejorar constantemente.

- ✓ Al Ing. Frits Palomino Vera, por su asesoramiento en el análisis de datos del presente estudio.
- ✓ Al Dr. Cesar Samuel López López, por permitirme realizar mi trabajo de investigación en el Laboratorio de Microbiología.
- ✓ A los jurados de tesis: Dr. Cesar Samuel López López, Dr. José Lévano Crisóstomo y Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado, por sus oportunas sugerencias.
- ✓ A mi tía Rosario Camacho, prima Elia Infante y madre Yolanda por sus sabios consejos y motivarme a seguir adelante siempre.
- ✓ A Barbara López, Luis Estrada y Rosa Espinoza por su apoyo desinteresado en la investigación.
- ✓ A mis amigas Kelly Ayala Aguirre, Lisset Ruiz Vásquez, Geraldine Domínguez Garay y Anais Valeriano Huataquispe por su apoyo y amistad desde la universidad hasta ahora.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Índice de calidad de agua.....	3
2.1.1.1. Ventajas y desventajas del índice de calidad de agua.....	3
2.1.1.2. Usos de los índices de calidad de agua.....	4
2.1.1.3. Índice de calidad de agua para recreación	4
2.1.2. El índice de Calidad de Agua para Oregon (Estados Unidos).....	5
2.1.2.1. Clasificación de la Calificación del Oregon	5
2.1.3. Parámetros microbiológicos	6
2.1.3.1. Coliformes fecales	6
2.1.4. Parámetros fisicoquímicos.....	6
2.1.4.1. Oxígeno disuelto.....	6
2.1.4.2. Potencial de hidrógeno	7
2.1.4.3. Sólidos totales.....	8
2.1.4.4. Demanda bioquímica de oxígeno	8
2.1.4.5. Nitratos	9
2.1.4.6. Fósforo total.....	9
2.1.4.7. Temperatura.....	10
2.2. Bases conceptuales	10
2.2.1. Autodepuración de las aguas	10
2.2.2. Aguas residuales	10
2.3. Estado de arte.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. Lugar de ejecución.....	18
3.2. Tipo y nivel de investigación.....	21
3.2.1. Tipo de investigación.....	21
3.2.2. Nivel de investigación	21
3.3. Población y muestra.....	21
3.3.1. Población	21
3.3.2. Muestra	21
3.4. Diseño de investigación.....	21

3.4.1.	Tipo de diseño.....	21
3.4.2.	Ajuste estadístico	21
3.5.	Materiales	22
3.5.1.	Materiales y equipos	22
3.6.	Metodología.....	22
3.6.1.	Etapa de campo	22
3.6.1.1.	Toma de muestras	22
3.6.1.2.	Parámetros fisicoquímico	¡Error! Marcador no definido.
3.6.2.	Fase de laboratorio.....	23
3.6.2.1.	Demanda bioquímica de oxígeno	23
3.6.2.2.	Nitratos	24
3.6.2.3.	Fósforo total.....	24
3.6.2.4.	Sólidos totales.....	24
3.6.2.5.	Parámetros microbiológicos	25
3.6.3.	Etapa de gabinete	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1.	Nivel de calidad del agua del río Huallaga y sus tributarios según el índice de Oregon.....	27
4.2.	Comparar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con los ECA	28
4.2.1.	Temperatura del agua de los ríos Tulumayo y Monzón	28
4.2.2.	Nivel de pH del agua de los ríos Tulumayo y Monzón	30
4.2.3.	Oxígeno disuelto del agua de los ríos Tulumayo y Monzón	32
4.2.4.	DBO ₅ del agua de los ríos Tulumayo y Monzón	34
4.2.5.	Nitratos en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón	36
4.2.6.	Fósforo en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón.....	38
4.2.7.	Coliformes fecales en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón.....	39
4.2.8.	Sólidos totales del agua de los ríos Tulumayo y Monzón	40
4.2.9.	Índice de Calidad del Agua (ICA- Dinius) del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.....	42
V.	CONCLUSIONES	44
VI.	PROPUESTAS A FUTURO	45
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	Anexos	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Escala de clasificación del índice de Oregón.	5
2. Calidad del agua por el nivel de oxígeno disuelto (OD).	7
3. Calidad del agua de dos ríos tributarios al río Huallaga.	27
4. Temperatura del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.	28
5. Nivel de pH del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.	30
6. Oxígeno disuelto del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.	33
7. Demanda bioquímica de oxígeno del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.	35
8. Nitratos en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón.	37
9. Fósforo total en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón.	38
10. Coliformes fecales del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.	39
11. Sólidos totales del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.	41
12. Índice de Calidad del Agua (ICA) del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.	42
13. Valores del caudal del río Huallaga y sus tributarios.	43
14. Indicadores de calidad del agua (T, pH, OD y DBO ₅) de dos ríos tributarios al río Huallaga.	51
15. Indicadores de calidad del agua (nitrógeno, fósforo, Col. fecales y SST) de dos ríos tributarios al río Huallaga.	51
16. Subíndices de calidad del agua (T, pH, OD y DBO ₅) de dos ríos tributarios al río Huallaga.	52
17. Subíndices de calidad del agua (N, fosfato, Col. fecales y SST) de dos ríos tributarios al río Huallaga.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación de los puntos de muestreo.	18
2. Diseño no experimental tipo longitudinal.	21
3. Comportamiento de la temperatura del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.....	28
4. Comportamiento del nivel de pH del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.....	31
5. Comportamiento del oxígeno disuelto del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.....	34
6. Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.	36
7. Comportamiento de los nitratos en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón.....	37
8. Comportamiento del fósforo total en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón.....	38
9. Comportamiento de los sólidos totales del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.....	41
10. Georreferenciación del punto de muestreo del río Monzón.	53
11. Obtención de muestras de agua del río Monzón.	53
12. Muestras de agua del río Monzón dentro del cooler.	54
13. Diluciones de las muestras de agua del río Monzón para determinar coliformes.....	54
14. Georreferenciación del punto de muestreo del río Tulumayo.....	55
15. Obtención de las muestras de agua del río Tulumayo.....	55
16. Muestras de agua del río Tulumayo dentro del cooler.	56
17. Diluciones de las muestras de agua del río Tulumayo para determinar coliformes.....	56
18. Determinación del fosfato en muestras de agua del río Tulumayo.	57
19. Determinación del nitrato en muestras de agua del río Tulumayo.....	57

RESUMEN

Se determinó la calidad de agua en dos tributarios del río Huallaga empleando el índice de Oregón, realizando el muestreo de los tramos de los ríos Tulumayo y Monzón que fluyen por la provincia de Leoncio Prado, se evaluó los parámetros físicoquímicos y microbiológicos en tres puntos de muestreo por cada río (parte alta, parte media y parte baja) y durante las épocas de estiaje (junio) y avenida (enero); las mediciones de algunos parámetros se realizaron en el mismo lugar y otros fueron realizados en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. En los resultados se determinó que, el potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, coliformes fecales y sólidos totales que aunque se encuentran dentro de los límites considerados por el DS N° 004-2017-MINAM clasificándolos como “Agua que puede ser potabilizada con desinfección - A1” y “contacto primario de aguas superficiales destinadas para recreación - B1”, de acuerdo al índice de Oregón el río Tulumayo y el río Monzón presentan una calidad de agua calificada como “muy pobre” en estas dos épocas del año.

Palabras clave: Agua, estiaje, avenida, caudal, río Tulumayo y río Monzón.

ABSTRACT

The water quality of the two tributaries from the Huallaga river was determined using the Oregon index. Samples were taken from the two sections of the Tulumayo and Monzon rivers, which flow through the Leoncio Prado province [of Peru]. The physicochemical and microbiological parameters were evaluated at three sampling points for each river (high part, middle part, and low part), and during the dry season (June) and wet season (January). The measurements of some parameters were done on site and others were carried out at the Universidad Nacional Agraria de la Selva's microbiology laboratory. For the results, it was determined that though the hydrogen potential, dissolved oxygen, biochemical demand of oxygen, nitrates, fecal coliforms, and total solids were found to be within the limits set by DS N° 004-2017-MINAM, so that it was classified as "water that can be potable with disinfection – A1" and "primary contact for superficial water destined for recreation – B1," according to the Oregon index, the Tulumayo and Monzon rivers presented a water quality that was classified as "very poor" during these seasons of the year.

Key words: water, dry season, wet season, flow, Tulumayo river, Monzon river

I. INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento demográfico genera que las personas utilicen diversos recursos que siempre ocasionan la eliminación de desechos de distinto origen, estos residuos son causantes de alteraciones medioambientales que muchas veces no vienen siendo cuantificadas de manera permanente debido a ello no se toman acciones oportunas para que se opte por alguna actividad con fines de prevenirlos, mitigarlos, compensarlos o eliminarlos.

De acuerdo a los objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de la agenda 2030, el objetivo número seis promueve garantizar la disponibilidad, que se gestione de manera sostenible el agua y su saneamiento total (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2016) y enmarcado al programa del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC, 2014), en ciencia y tecnología ambiental vinculado al tercer programa cuyo objetivo es fomentar, estimular y coordinar la creación, crecimiento y uso del conocimiento científico y tecnológico en asuntos relacionados con el medio ambiente, con el objetivo de que pueda ser aplicado de manera eficaz para mejorar la calidad de vida de la población.

Uno de los problemas ambientales en el distrito Rupa Rupa y demás localidades de la provincia de Leoncio Prado es la contaminación del río Huallaga de manera directa o por parte de sus ríos tributarios, esto por la generación de efluentes domésticos e industriales que son vertidos al cauce, además del inadecuado manejo de los residuos sólidos, aumento de la población y la falta de gestión ambiental en materia de recurso hídrico que suele afectar la salud de las personas (enfermedad y mortalidad infantil), a los ecosistema terrestres y acuáticos, mermando la biodiversidad y deteriorando la cadena alimenticia. Por lo general, las evaluaciones concernientes a la calidad que presenta el agua de quebradas y ríos en la Provincia de Leoncio Prado emplean índices por cada indicador basados en el estándar de calidad ambiental (ECA) elaborado para el agua, pero no hay muchos reportes sobre otros índices internacionales, lo que generan interrogantes como ¿Cuál es el índice de calidad de agua en el río Huallaga y sus tributarios según el índice de Oregón en Tingo María – Huánuco?

Con la aplicación de cada índice correspondiente a la calidad de agua para los tributarios del río Huallaga se conoce el nivel de contaminación del recurso hídrico, además de ser una herramienta eficaz con la que se investiga y describe el estado ecológico del recurso hídrico, con la cual se permite que se realicen predicciones de las respuestas de éstos frente a modificaciones de ciertas condiciones medioambientales.

El resultado que se obtiene en la investigación servirá a las autoridades locales, regional, comunales y promotores de salud, con fines de que se tenga una participación activa respecto al problema medioambiental que está incurriendo en el río Huallaga, logrando una cultura del agua, desde conocer lo importante que es la calidad de dicho recurso y promoviendo el seguimiento y control participativo.

La hipótesis concerniente a que el índice de calidad de agua en el río Huallaga y sus tributarios según el índice de Oregón en Tingo María – Huánuco pertenecen a una escala de MUY POBRE fue ratificado con los datos obtenidos. Los objetivos planteados fueron los siguientes:

Objetivo general

- Determinar la calidad de agua en el río Huallaga y sus tributarios según el índice de Oregón en Tingo María – Huánuco.

Objetivos específicos

- Determinar nivel del agua del río Huallaga y sus tributarios según el índice de Oregón.
- Comparar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con los ECA actuales en el Perú (uso recreativo y agua de consumo humano).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Índice de calidad de agua

Según Vásquez (2010), las aguas subterráneas y superficiales se ven afectado por el crecimiento de la población y aumento de la contaminación, es por ello que ha sido necesario cuantificar y evaluar los índices de los cuerpos de agua. Las personas y los expertos están preocupados de cómo se agrupan los parámetros más importantes en el momento de las evaluaciones del valor de los contaminantes encontrados en un cuerpo agua, siendo esto en varias ocasiones limitantes para determinar los contaminantes. Cuando se realiza el seguimiento y control de un cuerpo de agua que detecte el nivel de contaminación, se obtienen muchos datos correspondientes a variados parámetros, inclusive son diferentes dimensionalmente, con lo que resulta dificultoso la detección de patrones de contaminación.

Según Fernández (2010) citado por Sias (2015) indica, que es una expresión simple en donde se combina uno o más parámetros, que sirven como una medida de la calidad que presenta un cuerpo de agua. Razón por la cual, pueden estar representados numéricamente, en rangos, descrito verbalmente, empleando símbolos o mediante alguna coloración. Como todo índice es ventajoso debido a que la información es muy fácil de interpretar en comparación a un listado de valores.

Autores como Rubio et al. (2014), refieren que los índices de calidad del agua vienen a ser herramientas estadísticas importantes debido a que suele estimar la calidad del agua, con dichos reportes es factible que se lleguen a conclusiones como de buena o mala calidad respecto a ciertos usos atribuidos al recurso hídrico.

2.1.1.1. Ventajas y desventajas del índice de calidad de agua

Ventajas. Suelen tomar informaciones complejas y sintetizarlas con fines de hacerlas de fácil entendimiento. Facilita en la transformación de varios indicadores del medio ambiente en un sistema de mucha facilidad para comunicarse. La información generada es útil para el personal que labora en la normatividad (Sias, 2014).

Desventajas. Debido a la variabilidad de los pesos de las variables podría realizarse grandes generalizaciones terminando en juicios subjetivos. Solamente un índice podría no ser indicativo que refleje el calificativo de toda la dinámica que presenta un determinado sistema como es el caso del recurso hídrico. Se podría tener resultados como la carencia de aptitud para abastecimiento, sin embargo, podría usarse con fines recreativos y también se encontraría apta para que se desarrolle la biota acuática. Presenta

limitaciones respecto al espacio temporal con la que podría otorgar lecturas erradas para una época y un lugar (Sias, 2014).

2.1.1.2. Usos de los índices de calidad de agua

Diversos índices son empleados con la finalidad de para conocer si es buena o mala la calidad del agua, asimismo su distribución a las comunidades que lo consume. Sin embargo, no se busca pretender que se reemplacen los medios de transmisión de la información que existe (Ott, 1978).

En la clasificación de áreas, proporcionan información del estado de recursos en diferentes áreas geográficas. Con respecto a la aplicación de la normativa en casos puntuales y de interés, con fines de conocer su cumplimiento con la normativa medioambiental y la política existente, en el análisis de la tendencia indican el análisis en un momento determinado, donde demuestran si el ambiente se encuentra en condiciones óptimas o existe alguna variación. Referente a informaciones públicas, informa sobre el uso del índice y ayuda en la concientización respecto a cuidar el medio ambiente a través de métodos como la educación ambiental. Por último, en la investigación científica, se tiene como finalidad muchos datos de modo que al interpretar se tenga la facilidad en el manejo el cual direcciona a los fenómenos medioambientales.

2.1.1.3. Índice de calidad de agua para recreación

El uso del agua con fines recreativos plantea desafíos, especialmente en las áreas con mayor concentración de población e industria, donde la demanda de espacios de recreación es cada vez mayor debido al crecimiento constante de la población. Muchos estudiosos coinciden en que los indicadores de la calidad bacteriológica del agua destinada al baño no necesitan muy altas como la requerida en el consumo humano, aunque debe mantenerse a un nivel razonablemente libre de bacterias patógenas. Al mismo tiempo, es esencial que el agua destinada a actividades recreativas esté exenta de contaminantes químicos que puedan resultar tóxicos (López et al., 2016).

Es ampliamente reconocido desde hace tiempo que el agua utilizada con fines recreativos afecta de manera significativa a la salud y en paralelo a la calidad de vida. Este impacto se hace evidente cuando observamos a niños divirtiéndose en el agua o a miembros de una familia compartiendo un valioso tiempo de relajación en la playa. Los deportes acuáticos pueden ofrecer una forma estimulante y beneficiosa de ejercicio para personas de todas las edades. Pasar tiempo disfrutando de la vista junto al agua puede elevar el estado de ánimo y contribuir al bienestar tanto físico como mental (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

Ciertos peligros asociados con la contaminación provienen de diversas fuentes. Los sitios de baño más populares pueden estar expuestos a la contaminación debido a desbordamientos de aguas residuales sin tratamiento y a la liberación de desechos de animales y fertilizantes de granjas cercanas, lo que podría resultar en riesgos directos para la salud y promover la proliferación de algas dañinas. En algunos lugares, la contaminación química de origen industrial también puede ser un problema, y además, los propios bañistas pueden contribuir a la contaminación debido a sistemas de saneamiento deficientes, heces de mascotas y la disposición inadecuada de desechos (OMS, 2021).

De acuerdo al DS N° 004-2017-MINAM correspondiente al uso “contacto primario de aguas superficiales destinadas para recreación - B1”, considera 15 indicadores correspondiente al parámetros físicos y químicos, 20 indicadores correspondientes al parámetro inorgánico, ningún indicador correspondiente al parámetro compuestos orgánicos volátiles y 8 indicadores correspondiente al parámetro microbiológico.

2.1.2. El índice de Calidad de Agua para Oregon (Estados Unidos)

Fernández y Solano (2005) refieren que el índice de calidad de agua de Oregon (OWQI), viene a ser una numeración que suele expresar la calidad del agua al integrarse los valores de ocho indicadores: Coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, fosforo total, nitratos, oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno, sólidos totales y temperatura. Fue desarrollado en un laboratorio de calidad ambiental que se encuentra en Oregón, cuya finalidad fue realizar observaciones correspondientes a los efectos de las fuentes de contaminación en diversas situaciones. Para la Universidad de Pamplona (2010), el OWQI fue desarrollado para que el valor de la calidad del agua en general y no tanto para un uso en específico, es por ello que, la sensibilidad a las variaciones en cada indicador resulta ser más anhelada respecto a la sensibilidad al indicador con más peso.

2.1.2.1. Clasificación de la Calificación del Oregón

Los rangos del OWQI se usa para que se interprete la información determina por el ICATest de la calidad del agua en un medio (Dojlido, 1994).

Tabla 1. Escala de clasificación del índice de Oregón.

Rangos del OWQI	Calificativo del cuerpo de agua
90%- 100%	Calidad excelente
85% – 89%	Calidad buena
80% – 84%	Calidad Justa
60% – 79%	Calidad pobre
< 60%	Calidad muy pobre

Fuente: Dojlido et al. (1994).

2.1.3. Parámetros microbiológicos

2.1.3.1. Coliformes fecales

Encontrar estas bacterias dentro del agua puede indicar contaminación por heces de animales o personas, los microorganismos suelen producir y provocar enfermedades patógenas como diarreas, retortijones, náuseas, cefalea, u otros síntomas. Representando un riesgo para la salud, que incluye a la bacteria *Escherichia coli* (Asociación Americana de Salud Pública [APHA], 1999).

Según Dirección General de Salud y Ambiente (DIGSA) 2007, reporta que: La bacteria *E. coli* se encuentra de manera abundante en heces de animales y personas. Se encuentran presentes en los suelos y el agua natural que sufrieron contaminación reciente, provenientes de las personas o actividades agropecuarias. A través de la ingestión, que es la vía de infección primaria. Causan en los seres humanos enfermedades como vómitos intensos, deshidratación, diarreas y gastroenteritis.

2.1.4. Parámetros fisicoquímicos

2.1.4.1. Oxígeno disuelto

Sias (2014) sostiene que un factor muy importante asociado a la vida acuática es el oxígeno disuelto (OD), presente en todo los procesos biológicos y químicos; la condición aeróbica favorece la biodiversidad de muchas especies como los peces (cuya característica es que subsisten a niveles mayores de 4 mg/l de OD), Asimismo indica el grado de contaminantes orgánicos, la tasa de degradación de sustancias inorgánicas y orgánicas que son aptas a oxidación.

El OD es un indicador de la calidad del agua, en el caso que se tenga una fuente de agua invadida de bacterias, microorganismos, materia orgánica y mal olor, su valor suele disminuir con lo cual se la califica de mala calidad, debido a que la presencia de microorganismos suele ser riesgoso para la salud. Los valores porcentuales de la saturación de OD entre 80% a 120% son considerados como excelentes y en el caso que se obtenga menor valore al 60% es considerada de mala calidad, además, otros países establecen concentraciones que superen al 75% de dicha saturación (Sias, 2015).

Es muy importante para las quebradas y lagunas saludables. Se define como el valor del oxígeno que esta disuelto en el medio acuático, siendo un parámetro muy importante porque indica el grado de contaminación que contiene un determinado cuerpo del recurso hídrico. Si presenta un elevado valor de OD, ratifica que el agua posee mayor calidad, caso contrario, si el OD es muy bajo, se podría concluir que ciertas especies de peces y demás organismos perecieran en dicho cuerpo de agua. Elevada proporción de OD que se

encuentra en el agua es proveniente del oxígeno del aire que está en contacto con la parte superficial de la fuente de agua ya que se disolvió en el agua y también proviene de las reacciones producidas en la fotosíntesis de las plantas acuáticas. Cuando la temperatura se incrementa, produce elevados valores de OD en medios característicos por poseer abundantes plantas o algas que vienen realizando la fotosíntesis. Además, las turbulencias que generan las corrientes, aumentan sus concentraciones, porque el aire puede quedar atrapado bajo el agua que se movió muy rápido disolviéndose el oxígeno del aire en el agua (Romero, 1998).

Tabla 2. Calidad del agua por el nivel de oxígeno disuelto (OD).

Niveles de oxígeno disuelto (mg/L)	Calificación de la calidad del agua
0,00 – 4,00	Mala: Ciertos macroinvertebrados y especies de peces disminuyen
5,00 – 7,90	Aceptable
8,00 – 12,00	Buena
12,00 a más	Muy buena o el agua se airea de manera artificial

Fuente: Romero (1998).

2.1.4.2. Potencial de hidrógeno

Parámetro químico de importancia para la vida acuática, indica el comportamiento ácido básico del agua. Determina la calidad de un cuerpo de agua, por lo general el agua natural suele ser básico debido a que el rango del pH abarca desde los 6,5 hasta los 8,5 (Romero, 1998).

Para la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA, 2007), es uno de los parámetros importantes para que al desinfectar con cloro se obtenga mayor eficacia, sugiriendo que de preferencia tuviera que ser menor al valor de 8,0. Se recomienda la determinar su valor *in situ*. Es un indicador de la calidad del agua.

Según Barrenechea (2004) señala lo siguiente: El nivel de acidez o pH del agua tiene impacto en varios procesos relacionados con el agua, como la corrosión y la formación de depósitos en las tuberías de distribución. Aunque no suele tener efectos directos en la salud, puede influir en los procedimientos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Normalmente, las aguas naturales no contaminadas tienden a tener un pH que oscila entre 5 y 9. Cuando se trata de aguas ácidas, a menudo se agrega una sustancia alcalina, generalmente cal, para mejorar los procesos de coagulación. En algunos casos, es necesario ajustar nuevamente el pH del agua tratada para asegurar que no tenga efectos corrosivos ni

propicie la formación de depósitos. Se establece que el pH del agua, ya sea cruda o tratada, debe estar en el rango de 5,0 a 9,0. Lo que generalmente permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros componentes del agua. Las pautas canadienses establecen un rango de pH de 6,5 a 8,5 para el agua potable.

2.1.4.3. Sólidos totales

Según Barnechea (2004) señala que, cuando el residuo permanece luego del secado de un determinado volumen de agua. Equivale a la sumatoria de los residuos suspendidos y disueltos. El cual estará determinado a 103 -105 °C, el residuo total del agua. Hay la posibilidad de que afecten de forma negativa a la calidad que presenta el agua o al suministro de distintas formas. El agua con muchos sólidos totales es menos potable pudiendo inducir a que reaccione fisiológicamente de forma no favorable al consumirla.

Es la expresión aplicable al residuo de material resultante en un recipiente luego de evaluar la muestra y posteriormente secarla empleando una estufa sometida a una temperatura establecida. Son productos que se generan al erosionarse el suelo que contiene arena, limo y arcilla, siendo arrastradas por medio de una suspensión estable (disolución coloidal) o en suspensiones que duran cuando el agua está en movimiento y los arrastran. La totalidad que el agua contenga, a excepción de la misma agua, se considera materia sólida (Jimeno, 1998).

Fórmula:

$$ST (mg/L) = \frac{(A (g) - B(g))}{\text{Volúmen de muestra (L)}} \times 1000$$

Siendo:

A = Peso de papel filtro + residuos secos en gramos

B = Peso de papel filtro en gramos

2.1.4.4. Demanda bioquímica de oxígeno

Se caracteriza porque va medir el valor de oxígeno necesario o consumido para que descompongan los seres microscópicos (oxidación) la materia orgánica que contenga el agua, es definido a través del valor total de oxígeno que requieren dichos microorganismos con la finalidad de oxidar el material orgánico biodegradable (Sias, 2015).

Según Ramalho (2003), viene a ser la cantidad de materia orgánica que son consumidos por microorganismos contenidas en una muestra de agua y es empleado en la determinación del nivel de contaminación. Se prosigue un método basado en la medición del oxígeno que se consume por la población microbiana bajo situaciones donde se inhibe el proceso fotosintético de producir oxígeno en situaciones favorables para que se

desarrollen los microorganismos. Por lo general es medido al pasar los cinco días (DBO_5) donde la unidad de medida utilizada es $mg\ O_2/litro$. Su utilidad radica en que mide la capacidad de purificación de las corrientes monitoreadas y va servir para que se orienten las normas de control de calidad de efluentes que se descargan a dichos cuerpos de aguas.

Para la DIGESA (2007), este indicador suele expresar la cantidad de materia orgánica bajo una perspectiva general, aunque no especifica la composición, que es variable. Debido a que su origen procede de los microorganismos, y sus productos de degradarse o metabolizarse, se afirmaría que estuvieran compuestos por carbohidratos, proteínas, lípidos y/o sus productos de degradación: ácidos grasos, alcoholes, aminoácidos, hidrocarburos, monosacáridos, y demás componentes que poseen las plantas como pigmentos. Estima el valor más cercano de oxígeno requerido en la estabilización biológica de la materia orgánica existente.

2.1.4.5. Nitratos

Los nitritos (NO_2) se oxidan a través del nitro bacterias que forman nitratos (NO_3). Su presencia es debida a las aguas del subsuelo, es un indicador de la existencia de material orgánico, probablemente por contaminación de heces. Las concentraciones altas de estos dentro del agua, pudiera ser causante de una serie de enfermedades. Si el nitrógeno se encuentra en su forma de nitrito, el agua se vuelve bien peligrosa pudiendo ocasionar la metahemoglobinemia, referido a la dificultad de absorber el oxígeno del aire a través de la hemoglobina de la sangre, atacando a niños. Favorablemente, ante la presencia del cloro, el agua suele oxidar a los nitritos para convertirlos a nitratos disminuyendo el riesgo de contraer enfermedades. Por otra parte, los nitratos sirven como fertilizantes para las plantas. El nitrato que se forman serviría como fertilizante para los vegetales, en el caso que se produzcan de manera excesiva respecto a la necesidad de las plantas, se transportaran por el agua, posteriormente serán filtradas a través del suelo, esto ocurre porque el sistema edáfico carece de capacidad de retención y se les encuentra en niveles elevados en el agua subterránea (DIGESA, 2007).

2.1.4.6. Fósforo total

Según el Puerto Rico Environmental Quality Board (PREQB, 2004) señala, que el fósforo total viene a medir la totalidad de las formas de fósforo que existen, que se encuentren en partículas o disueltas incluyendo varios compuestos como los diversos, polifosfatos, fósforo orgánico y ortofosfatos. Se determina al convertirlos a todos ellos en ortofosfatos obtenidos en el análisis químico. Además, el fósforo es el nutriente que requieren la totalidad de organismos en sus procesos elementales de vida. Viene a ser un elemento natural

pudiéndose encontrar en la materia orgánica y las rocas. Se usa de manera extensiva en fertilizantes y demás químicos, motivo por el cual se las encuentra en elevadas concentraciones en medios de actividad humana. Cuando hay fósforo excesivo en el agua provocaría fenómenos como la eutrofización.

Según Ecofluidos Ingenieros (2012), el fósforo es un elemento básico que conforman diversos compuestos, del cual hay predominancia del fosfato. A lo expresado, en los seres vivos los fosfatos suelen desempeñar un rol primordial en varios procesos de transferencia de energía, como la fotosíntesis, el metabolismo, la acción muscular y la función nerviosa. Los ácidos nucleicos, que incluyen el material genético (los cromosomas), son fosfatos, así como en diversas coenzimas. Los huesos de los animales están compuestos por fosfato de calcio. El ion en general forma sales de baja solubilidad que suele precipitar de manera fácil bajo la forma de fosfato cálcico. Debido a que proviene de un ácido débil suele a contribuir a que el agua tienda a volverse alcalina. Por lo general en el agua no hay valores superiores a 1 ppm, a excepción de medios donde se encuentran contaminados por el uso de fertilizantes fosfatados.

2.1.4.7. Temperatura

Para Barrenechea (2004), viene a ser uno de los parámetros físicos se suma importancia al analizar la calidad del agua, debido a su influencia en que retarda o acelera las actividades biológicas, la velocidad de absorber el oxígeno, cuando precipitan los compuestos, formar depósitos, desinfectar y el proceso de mezclar, flocular, sedimentar y filtrar. Varios factores, generalmente ambientales, suelen influenciar en la variación de la temperatura del agua de manera continua. La DIGESA (2007) añade que, la temperatura va influir sobre lo que se van a comportar varios indicadores de la calidad del agua, entre ellos se puede citar al pH, la conductividad eléctrica, la pérdida de oxígeno y otros indicadores físicos, así como químicos.

2.2. Bases conceptuales

2.2.1. Autodepuración de las aguas

Engloba a varios fenómenos químicos, biológicos y físicos, que se encuentran en el curso del agua de manera natural y se caracterizan por provocar la destrucción de materias extrañas que se incorporaron al flujo, entre ellos se citan a las bacterias aerobias por consumir la materia orgánica ayudado del OD del agua (Chaparro, 2020).

2.2.2. Aguas residuales

Referido a las aguas que se encuentran contaminadas por desechos domésticos o residuos de las industrias, que no deberían desecharse vertiéndolas sin tratarse en

ríos o lagos. Las aguas residuales pueden ser: domésticas, industriales y de infiltración. Se consideran como contaminantes de importancia para el agua el agua residual y la materia orgánica que al descomponerse suele producir que se desoxigene el agua, vegetales que crecen en el agua nutriéndose de ciertos elementos de las plantas, que cuando se descomponen suelen acabar el oxígeno, sustancias empleadas en actividades mineras mayormente radiactivas, el petróleo y diversos productos químicos (Chaparro, 2020).

2.3. Estado de arte

En el departamento de Puno, Callasaca-Pacheco et al. (2022) evaluaron el comportamiento de la calidad del agua del río Coata determinado para el tramo puente Maravillas hasta el Puente Coata; registraron a manera de conclusión de que, antes que las aguas del río en mención entren en contacto con las fuentes contaminantes se registró valores elevados de materia orgánica y la presencia de metales pesados; la calificación que recibe el agua en base al uso de la población es mala y llega a fluctuar hasta una calidad de regular, dicha variación se encuentra directamente relacionada con el periodo de precipitación en donde el caudal del río se incrementa.

En el sector Supte San Jorge, Raymundo (2023) determinó la calidad del agua del Río Supte en 03 puntos de muestreo (alta, media y baja) y dos épocas (estiaje y avenida). Se determinó que en época de estiaje de acuerdo al ICA-NSF el agua es de “Buena” calidad, mientras que, en época de avenida la parte alta y media del río presentan calidad “Buena” y en la parte baja la calidad fue “Regular o Media” debido a que el OD y la DBO₅ superaron lo establecido por el ECA. Con el ECA se calificó como de categoría A1 siendo su aprovechamiento con simple desinfección para el consumo de la población. Para el mes de octubre, en la parte baja del río en base al ICA-NSF fue Regular, siendo clasificado de acuerdo al ECA como categoría A3.

En Tingo María, Dionisio (2021) evaluó la calidad del agua para consumo poblacional de las fuentes de agua Cocheros, Del Águila y Cushuro en tres puntos de muestreo y dos épocas del año. Reportó que la calidad del agua es buena de acuerdo al ICA-PE, ratificando que son aptos para el consumo humano, en cambio, las condiciones deseables pueden estar comprometidas por algunas amenazas o daños de menor importancia.

Entre los meses de mayo a julio, en un estudio realizado por Romero (2022) se evaluaron los parámetros de calidad del agua en una fuente cercana al centro poblado Capitán Arellano, en la ciudad de Naranjillo. Los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua arrojaron los siguientes valores: la Conductividad Eléctrica mostró una calidad propia de zonas de montaña, los Sólidos Totales y el nivel de cloro

aumentaron en el último mes de evaluación, el pH se mantuvo dentro de los niveles recomendados, la temperatura varió según el mes, y se detectaron Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes solo en el punto de captación. Además, las bacterias heterótrofas presentaron niveles que las hacen aptas para el consumo humano. Al comparar los resultados del análisis de calidad del agua utilizada por la población con los estándares de calidad ambiental para agua potable (ECA), se observó que la Conductividad Eléctrica, los Sólidos Totales y el pH están por debajo de los estándares establecidos. Sin embargo, los niveles de coliformes totales y coliformes termotolerantes superaron los estándares en el punto de captación, mientras que las bacterias heterótrofas se encontraron dentro de los estándares establecidos.

En el estudio llevado a cabo por Poquioma (2023), se llevó a cabo la evaluación de la calidad del agua destinada al consumo humano en el Centro Poblado Nueva Esperanza, ubicado en el distrito de Luyando. Se realizó el análisis fisicoquímico y microbiológico que abarcó a tres sitios de muestreo: la fuente de captación, el reservorio y la red de distribución. Posteriormente, se compararon los resultados obtenidos con las normativas vigentes, específicamente con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua y el Reglamento de Agua para Consumo Humano. Los resultados de coliformes totales, coliformes fecales, bacterias heterótrofas, organismos de vida libre, *E. coli* y huevos de helmintos superaron los ECA determinados para garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano. Además, se calculó un índice de calidad del agua para la quebrada Nueva Esperanza, el cual fue catalogado como deficiente. Los muestreos realizados en junio y noviembre arrojaron un índice de 42,35, mientras que en el mes de agosto se obtuvo un índice de 49,96, clasificado como regular.

Tolentino (2022) evaluó la calidad del agua según el uso recreativo del río Barranco en el centro poblado de Supte San Jorge. Analizó 24 muestras del balneario durante 3 meses, encontrando que, la DBO₅, pH, OD, turbiedad y temperatura, presentaron valores medios de 4,33 mg/L, 7,98, 7,71 mg/L, 63,01 UNT y 27,42 °C, respectivamente; coliformes totales, coliformes termotolerantes y *E. coli* registraron valores de 43,54 NMP/100 ml, 27,84 NMP/100 ml y 16,54 NMP/100 ml, mientras que, enterococos intestinales, *Cryptosporidium* sp y *Naegleria* sp fueron ausentes, siendo solamente observado la existencia de *Salmonella* sp y en dos muestras se observó la presencia de *Vibrio cholerae*, razón por la cual no cumple los ECA's, pero en el caso del ICA obtuvo un promedio de 66,45, lo que se considera como "aceptable" para utilizar como medio de recreación.

Mejía (2023) relacionó los macroinvertebrados acuáticos con los parámetros fisicoquímicos del agua en la quebrada Agua Blanca en el distrito de Monzón. En las tres zonas

muestreadas de dicha quebrada se colectó 93 macroinvertebrados, siendo la familia Veliidae con mayor frecuencia; los parámetros fisicoquímicos del agua se encontraban dentro de los ECAs nacional; registró de excelente calidad para la Categoría 1 (Subc. A), Categoría 2 (Subc. C4) y Categoría 3 (Subc. D1 y D2), mientras que la calidad fue buena para la Categoría 1 (Subc. B); el índice biológico (IBF-CR) se relacionó con la DBO_5 . Concluyó que, la quebrada en estudio todavía presenta los parámetros de calidad acorde a la normativa en las tres zonas de muestreo siendo poco afectado por la intervención humana.

Alarcón (2019) evaluó la confiabilidad de los Índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac. Eligió siete Índices de Calidad de Agua (ICA): Dinius, Idaho, León, NSF, Oregón, PE y Universal, su cálculo fue realizado empleando el software ICATest v1.0® y hojas de cálculo, posteriormente los índices pueden ser clasificados en función de diversos criterios: accesibilidad a los parámetros requeridos, análisis estadístico y evaluación de parámetros utilizados en el ICA. Como resultados, los valores pueden variar según el método utilizado, obteniendo resultados distintos. Considerando aspectos generales y prácticos, el ICA – NSF, ICA – PE, ICA – Universal calificaron por un intervalo de “bueno” a “medio” al río en mención. Para el ICA – León, se estableció un rango desde “aceptable” hasta “levemente contaminada”. Para el ICA – Dinius se emplea como una forma de “Purificación menor para garantizar una alta calidad de agua en cultivos sensibles” a “no requiere tratamiento para la mayoría de los cultivos”. Por otro lado, en el caso del ICA – Idaho como “marginal” e ICA – Oregón como “muy pobre”. Se propuso utilizar el método ICA – NSF por ser el más apropiado para el río Rímac.

En Manabí – Ecuador, Quiroz et al. (2017) evaluaron la calidad de agua del río Portoviejo aplicando el índice de calidad en base a la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF). Se encontró que varios indicadores evaluados superaron los valores establecidos por los límites máximos permitidos (LMP), los resultados del estudio confirmaron que la calidad del agua disminuyó a lo largo del curso del río, siendo la causa la elevada carga contaminante generado por el vertimiento de aguas residuales y a la reducción de su capacidad de autodepuración.

La Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos en conjunto con la autoridad Local del Agua: Pasco, Alto Huallaga, Tingo María, Huallaga Central, Alto Mayo, Tarapoto y Alto Amazonas realizó la Identificación de Fuentes Contaminantes (IFC) en la Cuenca del Río Huallaga. En los puntos seleccionados, se evaluaron parámetros físicos (Sólidos Suspendidos Totales, Temperatura y conductividad); químicos (demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno, fósforo total, nitratos, nitrógeno amoniacal,

nitrógeno total, sulfuros, sulfatos, aceites y grasas, cloruros, metales totales (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Co, Cu, Cr, Sn, Sr, P, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Ag, Pb, K, Se, Na, Tl, Ti, V, Zn y Hg) y microbiológico (Coliformes Termotolerantes). Las muestras de agua fueron analizadas por el laboratorio ALS LS PERU S.A.C., el cual cuenta con la acreditación del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) según la Norma Técnica Peruana: “Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración” NTP-ISO/IEC 17025:2006; con registro N° LE – 029, este laboratorio tiene autorización para analizar los parámetros establecidos en el seguimiento y control. El seguimiento y control del agua se llevó a cabo siguiendo los criterios establecidos en el *Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales* aprobado mediante la R.J. N° 10-2016-ANA.

Los resultados del seguimiento y control participativo fueron: Valores establecidos en los ECA (estándares de calada de agua), pH (6,5-8,5), Oxígeno disuelto (≥ 4 mg/L), Aceites y Grasas (5 mg/L), Demanda Bioquímica de Oxígeno (15 mg/L), Demanda Química de Oxígeno (40 mg/L), Detergentes (0,2 mg/L), aluminio (5 mg/L), hierro (5 mg/L), manganeso (0,2 mg/L) y Coliformes Termotolerantes (2000 NMP/100ml). El valor de pH fuera de rango al establecido en los ECA, se registraron en las quebradas: Soledad (QSole1) y Libertad (QLibe1), presentando valores de 5,53 y 5,91 mg/L respectivamente, ambas ubicadas Huánuco.

El parámetro oxígeno disuelto registró concentraciones que transgreden los ECA-Agua en los puntos de seguimiento y control del río Jarahuasi (RJara1) y las quebradas: Cochero (QCoch1), El águila (QEagu1), Cushuro (QCush1), Esperanza (QEspe1), aguas abajo del punto de vertimiento del Hospital de Contingencia de Tingo María y Chacharita (QChac1), aguas abajo del punto de descarga del Centro Ecoturístico Villa Hidalgo, ubicados en Huánuco. Aceites y Grasas registró mayor valor al establecido en los ECA-Agua en la quebrada Cushuro (QCush1), presentando una concentración de 69,5 mg/L.

La concentración del parámetro DBO excedieron el valor de ECA-Agua en el punto de seguimiento y control quebrada Cushuro (QCush1), presentando una concentración de 109 mg/L. La concentración del parámetro DQO supero el valor de ECA-Agua en las quebradas: Cushuro (QCush1) y Libertad (QLibe1), presentando una concentración de 273 y 53 mg/L respectivamente, en detergentes registró mayor valor al establecido en los ECA-Agua en la quebrada El águila (QEagu1), presentando una concentración de 0,25 mg/L, para el aluminio se observó un valor superior al establecido en los ECA-Agua en el río Huallaga (RHual17 y RHual18), río Supte (RSupt2), quebrada Hermilio Valdizan (QHval1), río Tulumayo (RTulu1), río Huallaga (Hual19) y quebrada Libertad (QLibe1). Hierro los valores

que exceden los ECA-Agua se ubican en los puntos de seguimiento y control de los ríos: Huallaga (RHual17 y RHual18), Supte (RSupt2), Tulumayo (RTulu1) y Huallaga (Hual19).

Asimismo, en las quebradas: Soledad (QSole1) y Libertad (QLibe1). Manganeseo los valores que exceden los ECA-Agua se ubican en los puntos de seguimiento y control del río Huallaga (RHual17), quebrada Cushuro (RCush1), río Huallaga (RHual18), quebrada Esperanza (QEspe1), río Supte (RSupt2), quebrada Chacarita (QChac1), río Tulumayo (RTulu1) y río Huallaga (Hual19).

El parámetro microbiológico, Coliformes Termotolerantes, superaron los valores establecidos en los ECA-Agua en 16 puntos de 31 evaluados (52%) siendo afectados los siguientes cuerpos de agua superficial: Quebrada San José de las Palmas (QSjpa1), río Cachicoto (RCach1), río Sachavaca (RSach1), río Bella (RBell1), quebrada Cochero (QCoch1), río Huallaga (RHual17), río Cushuro (RCush1), río Huallaga (RHual18), quebrada Esperanza (QEspe1), río Supte (RSupt1 y RSupt2), quebrada Hermilio Valdizan (QHval1), río Tulumayo (RTulu1), quebrada Libertad (QLibe1), río Sangapilla (RSang1), río Aucayacu (RAuca1), localizados en Huánuco.

Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos analizados en la cuenca del río Huallaga realizado por la Autoridad Nacional de Agua. No cumple con los ECA. Así mismo registraron en el Huallaga y sus ríos tributarios 52 vertimientos domésticos, 3 industriales, 11 botaderos de residuos sólidos, 2 vertimientos mineros y 1 pasivo minero. Es por ello que urge establecer un plan de descontaminación, por la importancia que tiene el Huallaga para nuestra región.

En el río Tualatin (EEUU), la calidad de sus aguas se ve afectado por las actividades tales como: la tala, operaciones agrícolas y de viveros de contenedores intensivos, operaciones de alimentación de animales confinados (CAFO), operaciones industriales, plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, contaminación de fuentes no puntuales urbanas y las condiciones hidrológicas naturales. Debido a la pendiente ley de las corrientes principales en la subcuenca y el agua que fluye lentamente. Es por ello que surgió la preocupación por el estado del recurso hídrico y emplearon para su investigación el índice de Oregón, que permite la comparación espacial de la calidad del agua entre las distintas secciones de un río o entre diferentes cuencas.

La sobrecarga desde las principales fuentes puntuales se refleja en las puntuaciones OWQI de los dos sitios aguas abajo. Las inspecciones de los subíndices individuales para las estaciones de seguimiento y control revelan muy altas concentraciones de amoníaco y nitrógeno de nitrato y fósforo total, alta concentración de demanda bioquímica de

oxígeno, coliformes fecales y sólidos totales, degradando la calidad del agua. Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto fueron vistas junto con altas concentraciones de nitrógeno amoniacal en todos los sitios excepto el sitio más aguas arriba. La degradación de la calidad de agua fue mayor en los sitios de seguimiento y control aguas abajo de la AWWTP. Calificaciones promedio OWQI van desde pobre a muy pobre, en general, la disminución de aguas arriba a aguas abajo (Cude, 2001).

La región es carente de estudios de calidad del río Huallaga y sus tributarios, en el 2011 determinaron la calidad del agua a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Se reportó Coliformes totales 293,8 mo./ml en la mañana, 894,4 mo./ml al medio día, en la noche 345,0 mo./ml, presencia de salmonellas en un 70% en la mañana, 90% al medio día y 70% en la noche, fuera de los estándares de calidad ambiental y límites permisibles, presencia de Vibrio en la mañana en un 60 %, al medio día en un 80% y en la noche 60 % en el río Huallaga. A diferencia de los indicadores fisicoquímico, cumplieron con los estándares de calidad de agua para uso recreacional (Dimas, 2011).

La finalidad de los índices de calidad de agua (ICA) es proporcionar un criterio de clasificación para las aguas superficiales establecidas en el uso de parámetros estándar, mediante la caracterización ecológica de las aguas. Existen investigaciones realizadas con respecto a la aplicación del índice de calidad de agua según el índice de Oregón, ligadas a los sistemas de abastecimiento de agua potable de Tres cauces superficiales denominadas quebradas Cocheros, Naranjal y Córdoba pertenecientes al área boscosa de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Ocho parámetros ambientales fueron evaluados: Temperatura, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales, nitratos, fósforo total y coliformes fecales. En los arroyos Cocheros, Córdoba y Naranjal los resultados indicaron que los índices de calidad de agua según Oregón fueron muy pobres (entre 11, 52 y 13,78), considerándose como aguas no aptas para consumo humano (Sias, 2015).

En Supte la población evidenció una preocupación con respecto a la calidad del agua que consumen, proveniente de la quebrada Etita. Esto se debe porque no cuenta con un tratamiento adecuado. Por lo tanto, es crucial conocer la calidad de agua que se está consumiendo, mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Según el índice de calidad de agua de Oregón, los resultados de dicha investigación arrojaron que la quebrada Etita en la captación (26,59) clasificando como “Muy pobre”, reservorio (26,75) “muy pobre” y poblacional (68,29) “pobre”. Por tanto, el agua que consume la población de Supte, no es apto para consumo humano según el índice (Poma, 2018).

Según Sias (2014) indica que, el índice de calidad del agua de la quebrada Cochero en la captación (56,57); en el reservorio (52,2) y poblacional (51,76), según el índice de Oregón se clasifican como aguas de calidad “Muy pobre”, con respecto a los parámetros fisicoquímico se encuentra fuera de lo establecidos por los Estándares de Calidad del Agua los nitratos y fosfatos. Los parámetros microbiológicos respecto a Coliformes fecales, en los 3 puntos de estudio cumple con lo establecido por los estándares de calidad de agua. El agua del sistema de abastecimiento poblacional de la Quebrada Cochero no es apta para consumo humano.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El tramo del río Tulumayo donde se realizó la toma de muestras pertenece políticamente a la:

Región : Huánuco.
Provincia : Leoncio Prado.
Distrito : Daniel Alomía Robles.
Centro Poblado : Sector Pumahuasi (Figura 1 y 3)

El tramo del río Monzón donde se realizó la toma de muestras pertenece políticamente a la:

Región : Huánuco.
Provincia : Leoncio Prado.
Distrito : Mariano Damaso Beraun
Centro Poblado : Sector Bella (Figura 1 y 2)

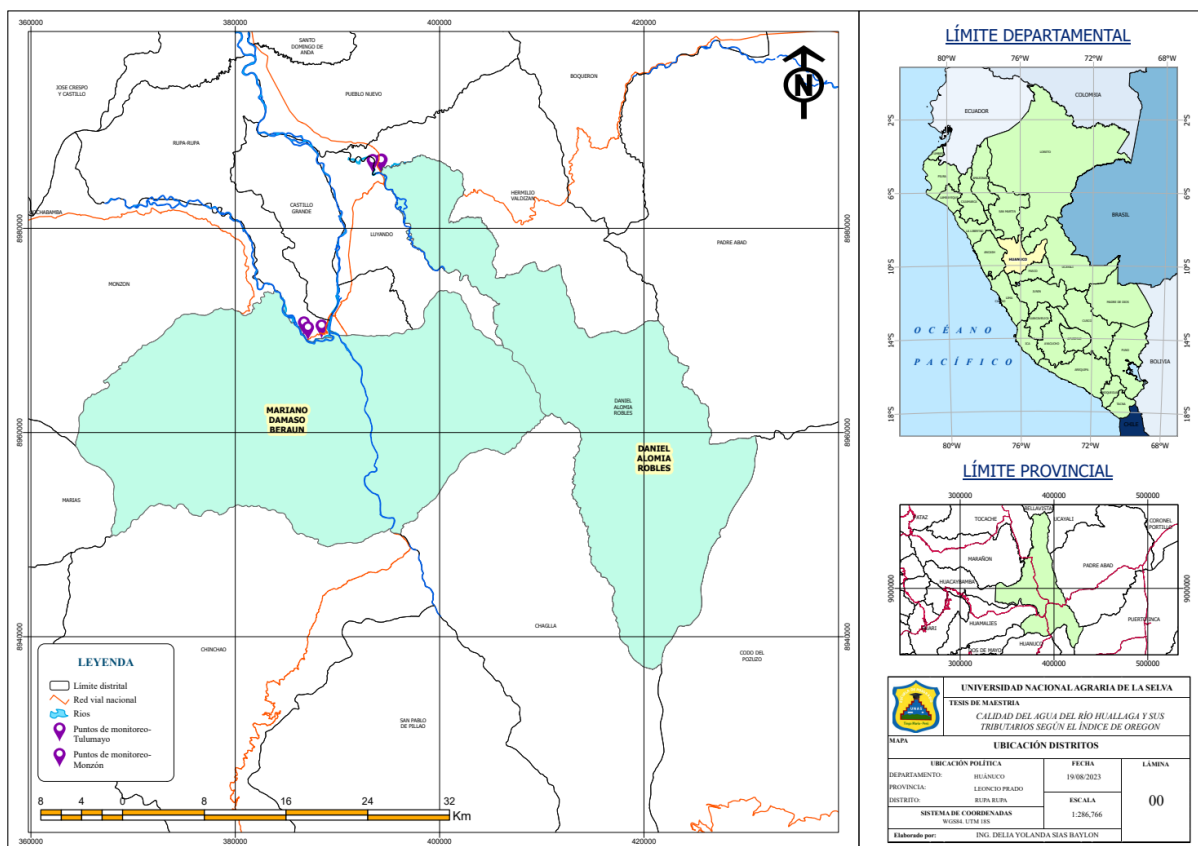


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.

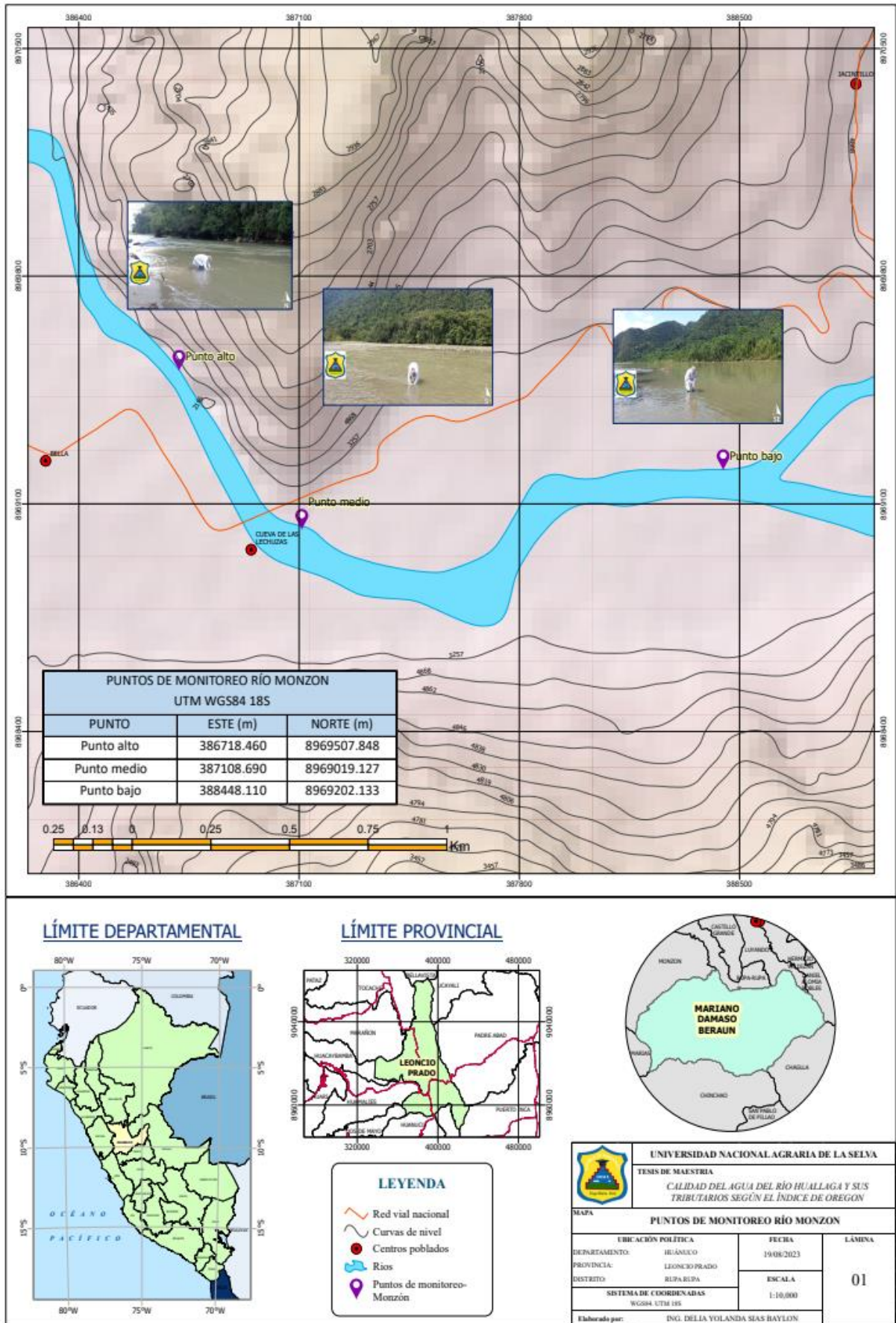


Figura 2. Dispersión de los puntos de muestreo en el río Monzón.

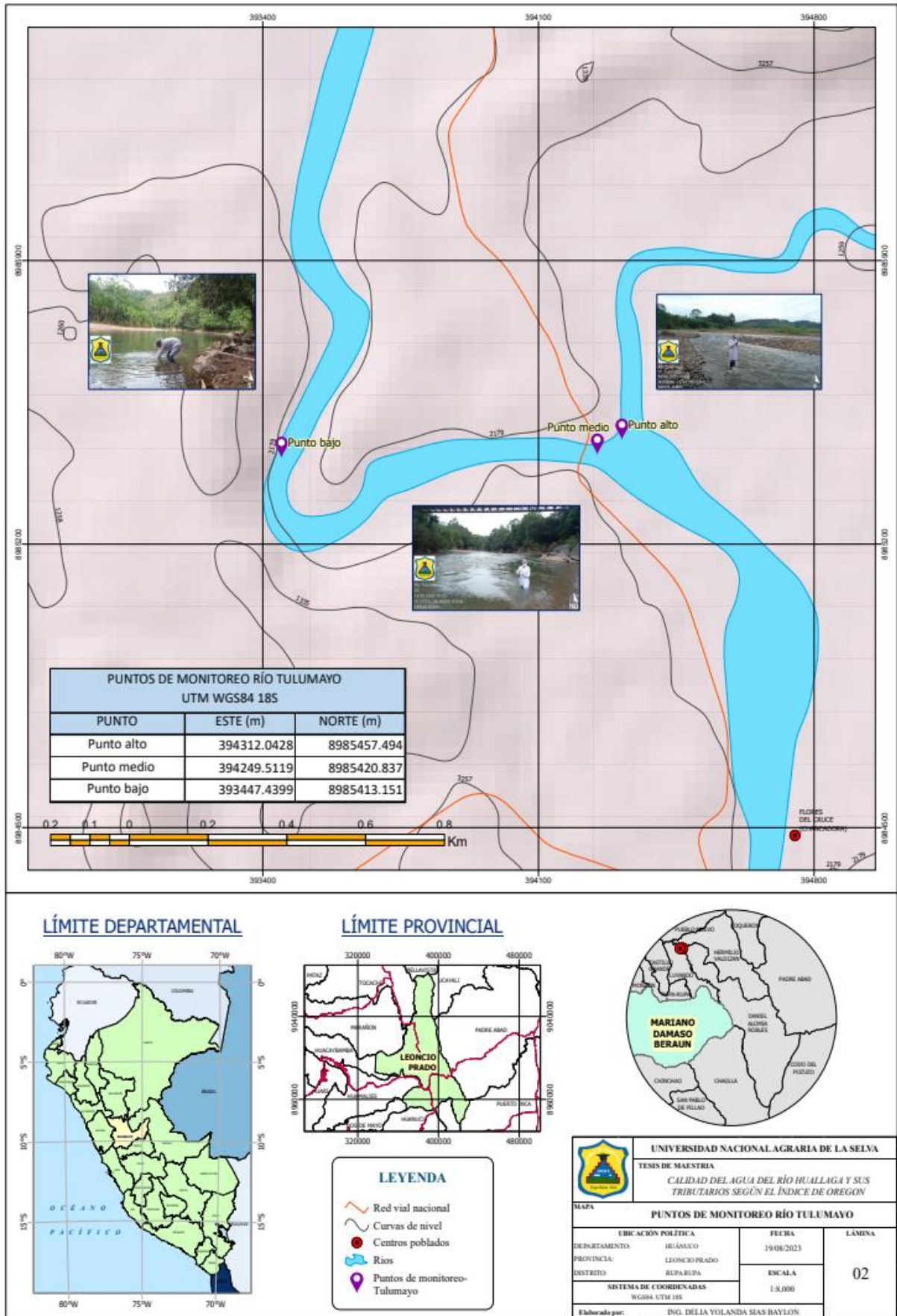


Figura 3. Dispersión de los puntos de muestreo en el río Tulumayo.

De acuerdo a la Municipalidad Distrital de Daniel Alomia Robles (2020), el río Tulumayo se caracteriza por que genera inundaciones debido a las condiciones de pendiente, desnivel y material que arrastra por la fuerza del flujo, además, los terrenos agrícolas y el área urbana se maneja de manera desordenada. Además, Chuquichaico (2016) considera que la microcuenca del río Monzón posee diversos climas por el relieve andino-amazónico, los asentamientos de las poblaciones se ubican cercanos a las quebradas y ríos que es escasa en la microcuenca del río Monzón.

3.2. Tipo y nivel de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

Aplicada.

3.2.2. Nivel de investigación

Descriptivo (Nel, 2010 y Canales, 2004).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

El agua de los ríos tributarios al río Huallaga (Monzón y Tulumayo).

3.3.2. Muestra

Muestra de agua de 1,2 L (ANA, 2016 y Guevara, 1996).

3.4. Diseño de investigación

3.4.1. Tipo de diseño

La tesis fue de tipo no Experimental tipo longitudinal según el siguiente croquis (Figura 4):

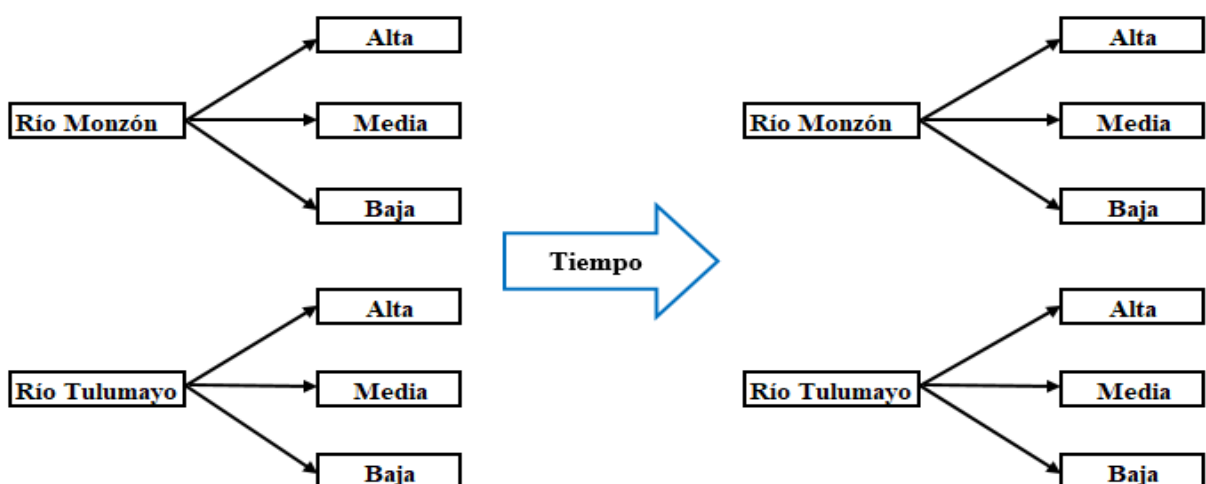


Figura 4. Diseño no experimental tipo longitudinal.

3.4.2. Ajuste estadístico

A través de la estadística descriptiva. Se promedió los datos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico obtenidos de los tres puntos de muestreo, el

procesamiento se llevó a cabo empleando el software EXCEL 2010. Asimismo, para la determinación del índice de Oregón, se realizó con el software ICAtest v. 1.0[®], teniendo en cuenta que la automatización en el arrojo del índice se condicionaba al ingreso de 8 parámetros ambientales. Los resultados fueron presentados a través de tablas y figuras.

3.5. Materiales

3.5.1. Materiales y equipos

Se consideró como material en la etapa de campo un cooler, en el caso del laboratorio se utilizó termómetro, matraz winkler, caldo peptona, rojo de metilo, caldo Voges Poskaver, hidróxido de Potasio, alfa Naftol, nitrato HI3874 y fosfato HI3833. Los equipos empleados en campo fue el GPS marca Garmin – modelo: GPSMAP[®] 62S; mientras que en el laboratorio se utilizó Autoclave, estufa, Oxímetro HANNA, balanza de precisión modelo scout Pro SP2001 (OHAUS) y pH- metro. Se empleó el programa de Microsoft office Word 2010, Microsoft Office Excel 2010 y el software ICAtest ver 1.0[®].

3.6. Metodología

3.6.1. Etapa de campo

3.6.1.1. Toma de muestras

Para esto se procedió en base a la metodología que propuso la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016), donde se empleó un frasco de vidrio limpio y con boca ancha, de acuerdo al volumen que se requería para cada indicador analizado, se tuvo en cuenta las recomendaciones globales concernientes a preservar, etiquetar, embalar y transportar las muestras. El rotulado de cada frasco se realizó usando un plumón con tinta indeleble seguidamente se cubrió la etiqueta con cinta adhesiva transparente. Cada muestra de agua recolectada, preservada y rotulada se colocaron dentro de un cooler donde contenía hielo para su refrigeración, con la finalidad de que llegue conservada hasta el laboratorio.

El tipo de muestreo empleado fue integrado y consistió en homogenizar las muestras puntuales que se recolectaron de distintos puntos de manera simultánea, con fines de que se conozca la calidad de agua promedio en los distintos cuerpos de agua que se consideró en el estudio (ANA, 2016).

Puntos de muestreo. Se tomaron dos puntos que estuvieron conformados por los ríos Monzón y Tulumayo y se basó en los criterios de inclusión de seguimiento tales como son: la accesibilidad, la representatividad, la adecuación y la predictibilidad.

Conservación y transporte de las muestras de agua. Siguiendo las recomendaciones de la APHA (1999) que consideró que para que exista una reducción

máxima de una potencial volatilización o se biodegrade, desde el tiempo que se haya recolectado hasta su respectivo análisis, se tuvo que mantener las muestras a temperaturas muy bajas que se logró empaquetado las muestras en un cooler contenida hielo con lo que se logró una temperatura de 4 °C y posteriormente se transportó hacia el laboratorio donde fueron analizadas en un periodo de tiempo inferior a las 24 horas.

3.6.1.2. Parámetros fisicoquímicos

Temperatura. Se determinó en la columna de agua y fue medido en el mismo lugar. La lectura de este indicador se obtuvo introduciendo un termómetro digital hasta los 25 cm sobre la lámina superficial del agua, luego se registró la lectura obtenida, esta actividad se hizo de la manera más rápida para que no existan variaciones de los datos.

Oxígeno disuelto. Se determinó el oxígeno disuelto utilizando el equipo Portátil HI 9146 HANNA que mide el Oxígeno disuelto. Se agitaron las muestras de agua por dos minutos para que se garantice la velocidad del agua de manera constante. Se tuvo que calibrar dicho equipo de manera adecuada al que se le retiró la capa protectora, posteriormente se sumergió el extremo de la sonda en el agua verificando que el sensor de temperatura se encuentre totalmente sumergido. Como actividad final, con fines de obtener una medida exacta, se dejó por un periodo de tiempo removiendo donde se tuvo que llegar a un equilibrio térmico de la sonda y el agua, luego se realizó la lectura del valor correspondiente al oxígeno disuelto (APHA, 1999).

Potencial de hidrogeno. Se determinó en el mismo punto de muestreo de los ríos, con la finalidad de obtener la medida de este parámetro fue necesario que se introduzca el potenciómetro en el agua y se registró su lectura respectiva.

3.6.2. Fase de laboratorio

3.6.2.1. Demanda bioquímica de oxígeno

Se determinó la medición de la demanda bioquímica de oxígeno mediante un proceso que implica llenar frascos oscuros de Sporade de 600 ml con muestra de agua hasta el borde, las muestras se incubaron durante cinco días, se empleó el oxímetro de membrana HANNA modelo HI 9146, antes de incubar la muestra de agua se hizo la lectura del oxígeno disuelto inicial (OD_i), y después de la incubación a temperatura ambiente por cinco días se volvió a medir el oxígeno disuelto final (OD_f), siendo estos los datos necesitados para obtener el valor de la DBO₅ expresado en unidades de mg/L que representa la demanda bioquímica de oxígeno en las muestras de agua (APHA, 1999).

$$DBO_5 \left(\frac{mg}{L} \right) = OD_i - OD_f$$

Donde:

OD_i = Oxígeno disuelto inicial, expresado mg/L

OD_f = Oxígeno disuelto final, expresado mg/L

3.6.2.2. Nitratos

Se determinó empleando el equipo de prueba de nitrato HANNA HI 3874, se llenó la cubeta con 10 ml de muestra de agua y se agregó el reactivo de nitrato. Se agitó vigorosamente durante un minuto y se esperó por 4 minutos para el desarrollo del color. Luego se retiró la tapa y se transfirió una muestra tratada de 5 ml al recipiente comparador de color, donde se observó cuidadosamente para emparejar con la solución en el visor, se registró el resultado obtenido. Se realizó la conversión de la siguiente relación: 62 g de nitrato (NO_3) aporta 14 g de nitrógeno (N), para ajustar el resultado del índice OWQI, de acuerdo al Apha (1998).

3.6.2.3. Fósforo total

Se utilizó el equipo de prueba de HANNA HI 3833 para analizar el fosfato en la muestra de agua. Se llenó en un vaso hasta la marca de 10 ml de agua de muestra y se añadió el reactivo de fosfato. Se transfirió la muestra tratada al cubo comparador, se esperó un minuto y se comparó el color con el de una solución estándar. Los resultados se ajustaron a fósforo utilizando la siguiente conversión: 95 g de fosfato (PO_4^{-3}) aporta 31 g de fósforo (P) de acuerdo al APHA (1999).

3.6.2.4. Sólidos totales

Se calculó pesando el papel filtro en una balanza analítica, luego se filtró el agua sobre el papel filtro en un matraz, hasta que el papel quede libre de agua. Se colocó el papel filtro en una estufa a 37 °C durante 24 horas para evaporar por completo el agua. Luego se procedió a pesar los sólidos totales, siendo calculados como:

$$ST (mg/L) = \frac{(A - B)}{\text{Volúmen de la muestra}(L)} \times 1000$$

Donde:

A= Peso del papel filtro + residuo seco (g), peso final

B= Peso del papel filtro (g), Peso inicial

3.6.2.5. Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales. Se determinó los coliformes fecales, empleando la técnica del número más probable (NMP) utilizando una serie de tres tubos de ensayos y durante tres etapas distintas.

Etapas presuntiva. Se realizaron tres diluciones correspondientes 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} , a partir de la muestra de agua, cada dilución se colocó en una serie de tres tubos, dando un total de 27 tubos con caldo *E. coli* y se introdujo un tubito de Durham invertido para la captura de gas. Se añadió 1 ml de alícuota de la respectiva dilución, Posteriormente los tubos se incubaron a una temperatura de 37 °C por un promedio de 24 a 48 horas.

Etapas de confirmación. En esta fase, las muestras que dieron positivos en la etapa anterior, fueron usadas como inóculo y se sembró en tubos que contienen 9 ml de caldo *E. coli* para verificar la producción de gas, luego se procedió a incubar los tubos a una temperatura de 44,5 °C durante un periodo de 24 a 48 horas. Para determinar el índice del número más probable por 100 ml se aplicó la siguiente fórmula (APHA, 1999).

$$NMP/100ml = \frac{\text{índice NMP} \times \text{dilucion intermedia}}{100}$$

Etapas completa. De los tubos de caldo *E. coli* se sembró por estrías y agotamiento sobre placas conteniendo el medio Eosina Azul de metileno (EMB), para observar el desarrollo de colonias típicas de Coliforme y *Escheria coli*. Después de incubarse a 37°C durante 24 horas, se sembró a un medio de identificación bioquímica que incluía Indol (I), rojo de metilo (RM), Voges Proskauer (VP) y Citrato (CIT), según la prueba del INVIC, para la identificación de *E. coli* y otras Coliformes fecales.






3.6.3. Etapas de gabinete

Prosiguiendo lo considerados por Fernández y Solano (2005), se empleó el software ICATEST v 1.0® con la que se pudo determinar el índice de Oregón (OWQI), caracterizándose por proporcionar una evaluación simplificada de la calidad del agua integrando 8 parámetros (APHA, 1998) como son:

- Temperatura (°C)
- Oxígeno Disuelto (mg/L)
- Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L)
- Potencial de Hidrógeno
- Sólidos totales (mg/L)
- Nitratos(mg/L)

- Fósforo total (mg/L)
- Coliformes fecales (MNP/100mL).

Las escalas de color para el índice de Oregón en el software ICATEST es lo siguiente:

	Escala	Color
– Excelente	90 – 100	
– Buena	85 – 89	
– Justa	80 – 84	
– Pobre	60 – 79	
– Muy pobre	0 – 59	

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Nivel de calidad del agua del río Huallaga y sus tributarios según el índice de Oregón

De acuerdo al índice de Oregón que obtuvieron valores desde los 12,59 hasta 15,82 en el río Tulumayo y de 13,86 hasta 19,20 en el río Monzón, tanto los puntos muestreados, así como las aguas de los ríos correspondientes a la temporada de avenida y estiaje presentaron una calificación muy pobre debido a que no logró superar al valor de 19,20 de los 59,00 que se necesita para pasar a la siguiente escala concerniente a una calidad muy pobre (Tabla 3).

Tabla 3. Calidad del agua de dos ríos tributarios al río Huallaga.

Lugar	Temporada	Punto de muestreo	Valor OWQI	Categoría
Río Tulumayo	Avenida	Parte alta	14,02	Muy pobre
		Parte media	12,60	Muy pobre
		Parte baja	12,59	Muy pobre
Parte alta		16,10	Muy pobre	
Río Monzón		Parte media	15,99	Muy pobre
		Parte baja	13,97	Muy pobre
	Parte alta	15,51	Muy pobre	
Río Tulumayo	Estiaje	Parte media	12,59	Muy pobre
		Parte baja	15,82	Muy pobre
		Parte alta	19,20	Muy pobre
Río Monzón		Parte media	13,86	Muy pobre
		Parte baja	18,93	Muy pobre

La calidad del agua de los ríos en estudio fueron calificados como muy pobre, esto es alarmante coincidiendo con el reporte de Poquioma (2023) quien evaluó el agua de la quebrada Nueva Esperanza bajo la metodología ICA en donde reportó para los meses de muestreo junio con un calificativo de malo, en el mes de agosto mejoró hasta de le categorizó como calidad regular y para el mes de noviembre volvió a descender la calidad a malo, esta variación temporal se debió a factores como la situación de la infraestructura que carecía de mantenimiento y las diversas actividades que se venían realizando alrededor de la quebrada, en donde los pobladores optan por criar animales pecuarios y los asentamientos humanos que por lo general se ubican muy cerca a los bordes de los ríos por el acceso al agua, ya sea para utilizarlos como recreación u otro uso doméstico.

4.2. Comparar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con los ECA

4.2.1. Temperatura del agua de los ríos Tulumayo y Monzón

Las temperaturas del agua en los ríos evaluados registraron incrementos de sus valores en base a la época de avenida (24,23 °C para el río Tulumayo y 20,93 °C en el río Monzón) comparada con la época de estiaje (26,90 °C en el río Tulumayo y 26,40 °C en el río Monzón), siendo notorio que, en la parte alta de ambos ríos fue superior la temperatura del agua solamente en la época de estiaje (Tabla 4 y Figura 5), resultados similares de la poca variabilidad de datos lo reporta Tolentino (2022) al realizar el muestreo del río Barranco en el centro poblado de Supte San Jorge donde encontró valores de 27,49 °C en la parte alta y disminuyó solamente hasta 27,09 °C en época de estiaje, comportamiento atribuido a que dicho río no se encuentra muy lejos de los dos ríos estudiados y las condiciones de clima son similares.

Tabla 4. Temperatura del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

Río	Punto de muestreo	Época de avenida		Época de estiaje	
Tulumayo	Alto	24,0		28,3	
	Medio	24,6	24,23	26,5	26,90
	Bajo	24,1		25,9	
Monzón	Alto	20,8		26,4	
	Medio	21,1	20,93	25,6	26,40
	Bajo	20,9		27,2	
Huallaga	Afilador-Muyuna			24,78	

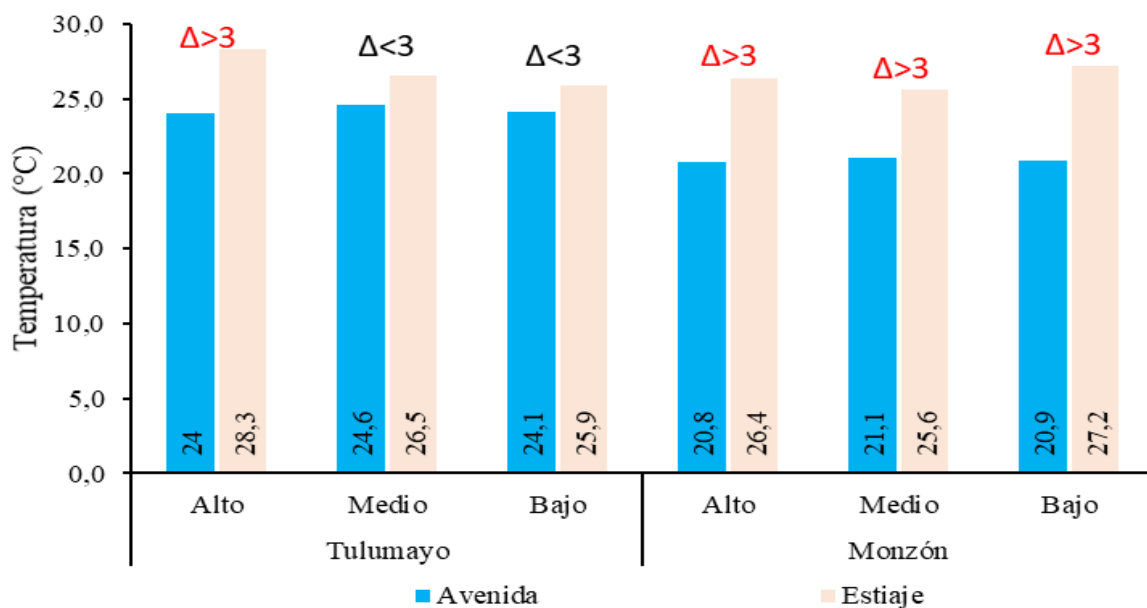


Figura 5. Comportamiento de la temperatura del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

La temperatura del agua no registró variación significativa entre los puntos de muestreo de la parte alta, media y baja con valores que fluctuaron desde los 24,0 °C hasta 24,1 °C en el río Tulumayo y 20,8 °C hasta 20,9 ° en el río Monzón tanto para la parte alta y baja respectivamente durante la época de estiaje (Figura 5), muy diferente a lo encontrado por Mejía (2023) al considerar este parámetro en la quebrada Agua Blanca en el distrito de Monzón donde reportó para la parte una media de 21,17 °C, incrementándose a 23,57 °C en la parte media y alcanzando hasta 26,5 °C en la parte más baja, esta variación significativa se vio favorecida debido a la pérdida de cobertura boscosa en los alrededores a causa de establecer sus cultivos y también la presencia de viviendas aledañas a la quebrada, en nuestro caso los ríos estudiados se mantuvieron los valores casi constantes debido a que tanto en la parte alta y baja de los ríos ya se encuentran establecidos los terrenos agrícolas y no hay mucha diferencia de alteración entre la parte alta y baja de los ríos.

La variación de la temperatura del agua fue superior a los 3 °C en el río Monzón para los tres puntos de muestreo respecto a los valores entre época de muestreo (Figura 5), esto es debido a que en la época de avenida las aguas de dicho río son más frías porque vienen de la parte alta, mientras que en el caso del río Tulumayo solo se registró variación superior a los 3 °C en la parte alta del río, en este sentido Raymundo (2023) registró que la temperatura del agua del río Supte tenía valores de variación desde 1,3 °C en el mes de agosto, luego fue incrementándose a 1,47 °C en el mes de setiembre y para el mes de octubre la variación fue 2,17 °C donde las lluvias son más continuas con agua fría más que la temperatura del agua del río y al mezclarse disminuye la temperatura del agua del río bajando la temperatura promedio, además, se suman otros factores como la presencia de sombras en temporada de avenida a consecuencia de una mayor cobertura de nubes en la selva, reduciendo la intensidad de la luz solar que llega a la superficie del agua del río, lo que provoca un enfriamiento adicional, sumado a dicho factor se tiene el aporte de aguas subterráneas pudiendo liberar agua más fría al cauce, reduciendo así la temperatura del agua del río.

Conocer los valores de la temperatura y que estas sean poco variables en su recorrido favorecen en muchos aspectos, por ejemplo, la DIGESA (2007) reporta que este parámetro posee influencia sobre el comportamiento de los demás parámetros correspondientes a la calidad del agua, específicamente al comportamiento del pH, al déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y demás atributos físicos y químicos. Barrenechea (2004) añade que, al variar la temperatura del agua como se observó en la época de muestreo suele retardarse o acelerarse las actividades biológicas, absorber oxígeno, precipitar compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

4.2.2. Nivel de pH del agua de los ríos Tulumayo y Monzón

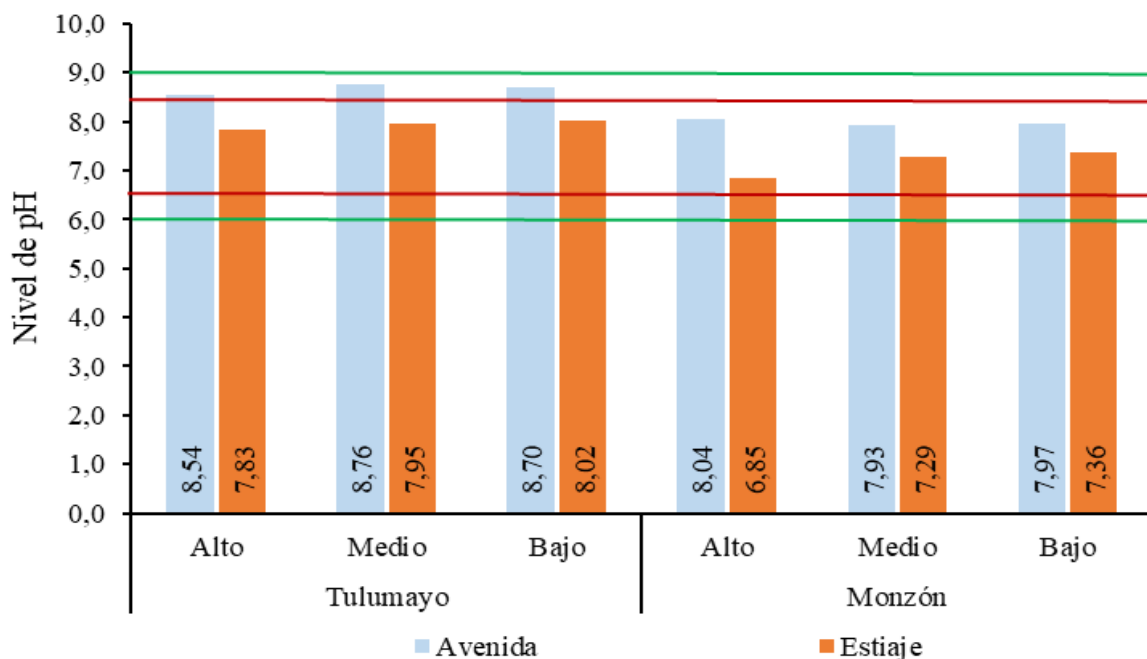
Los niveles del pH de las muestras de agua correspondientes a los dos ríos analizados registraron que hay variaciones de sus valores respecto a las épocas de muestreo y también respecto a los ríos; en el caso de los puntos de muestreo, las variaciones de las lecturas fueron en menor dimensión (Tabla 5 y Figura 6). Las variaciones respecto a cada punto de muestreo pueden estar vinculado en cierta medida a los residuos emitidos por parte de los pobladores que viven aledaños a los ríos en estudio, ya que de acuerdo al reporte realizado por Callasaca-Pacheco et al. (2022) en el departamento de Puno al evaluar la calidad del agua del río Coata, registraron que el potencial de hidrógeno presentaba variaciones respecto al punto donde se realizaba el muestreo, siendo mayor el valor del pH antes de alguna fuente de contaminación (pH: 7,48) y luego en el caso de que se observaba presencia de alguna fuente de contaminación como es el caso de la evacuación de aguas residuales domésticas el pH descendía de valor (pH: 7,34), para que finalmente en los puntos más abajo se incrementaba el valor de dicho parámetro (pH: 8,37), este comportamiento fue notorio durante la temporada estiaje como de avenida, reportes con la cual se ratifica el efecto que generan los residuos como el agua doméstica contaminada sin tratamiento sobre las fuentes de las quebradas y los ríos en diferentes partes del país.

Tabla 5. Nivel de pH del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

Río	Punto de muestreo	Época de avenida		Época de estiaje	
Tulumayo	Alto	8,54		7,83	
	Medio	8,76	8,67	7,95	7,93
	Bajo	8,70		8,02	
Monzón	Alto	8,04		6,85	
	Medio	7,93	7,98	7,29	7,17
	Bajo	7,97		7,36	
Huallaga	Afilador-Muyuna		7,50		

Se registró variación en el valor del pH en los puntos de muestreo, siendo los valores más bajos en las partes altas de los ríos, luego en su recorrido fueron elevándose hasta llegar a mayores valores en la parte baja de los ríos (Tabla 5), este comportamiento es contrario a lo registrado en el río Supte (Raymundo, 2023) con valores para la época de estiaje en la parte alta de 8,42 y descendió hasta los 7,91 en la parte baja, caso muy similar del

comportamiento fue registrado en la época de avenida donde en la parte alta del río se encontró un valor de 8,75 y descendió hasta los 8,07 en la parte baja, esta variación se debió a que dicho río en mención recorre por el centro poblado Supte San Jorge y algunas familias tienden a verter sus aguas residuales al mismo río haciendo que el pH del agua tienda a disminuir el valor del potencial de hidrógeno debido a la variedad de contaminantes, incluyendo ácidos y compuestos ácidos. En el caso del incremento del pH del agua en época de avenida puede estar vinculado a que en el margen del río Monzón hay presencia de rocas con carbonato de calcio que debido a la presencia de las lluvias se produce una reacción de neutralización entre un ácido y base, esto ocurre debido a que el dióxido de carbono (CO_2) presente en el agua reacciona con el carbonato de calcio produciendo bicarbonato de calcio ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), cuya característica es la solubilidad en el agua; como resultado, los iones bicarbonato (HCO_3^-) se disocian en el agua originando una liberación de iones hidrógeno (H^+), siendo estos últimos responsables del incremento de la acidez del agua con la cual se eleva su pH de dicho medio convirtiéndola en más alcalina.



Línea roja representa al límite de la subcategoría A₁ y la línea verde corresponde a la subcategoría B₁

Figura 6. Comportamiento del nivel de pH del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

El nivel del pH fue superior en la época de avenida, pero se mantuvo dentro del rango establecido por el estándar de calidad para las subcategorías A₁ y B₁, reportes similares enmarcados en el ECA lo observó en Tingo María, Dionisio (2021) al estudiar a la quebrada Cocheros en donde en la época de estiaje (agosto) encontró un valor de 8,35 disminuyendo para el mes de setiembre hasta 6,39, mientras que en el caso de la época de

avenida los valores del pH en el mes de octubre fue 7,92 y disminuyó para el mes de noviembre hasta 7,35, siendo relevante el bajo nivel del potencial de hidrógeno en la quebrada, pudiéndose atribuir a que cuando hay menor cantidad de lluvias, la cantidad de agua suele disminuir, lo que significa que cualquier contaminante o componente presente en el agua puede volverse más concentrado, como es el caso de la presencia de materia orgánica procedentes de las hojas y tallos que se desprenden de los árboles por la baja precipitación y se acumulan en algunos lugares de la quebrada, una vez en dicho lugar en contacto con el agua suelen entrar en descomposición de dicha materia orgánica generando que se liberaren ácidos orgánicos que suelen disminuir el nivel del pH en el agua.

Los valores del pH en las muestras de aguas de los ríos evaluados fueron alcalinos (Figura 6), estos valores muy similares también se encuentran en los reportes de Romero (2022) para la fuente de agua ubicada cerca del centro poblado Capitán Arellano donde los valores del pH fluctuaron entre 8,3 a 8,4 en la época de estiaje, muy cercano a lo de Poquioma (2023) quien evaluó el agua de la quebrada Nueva Esperanza donde los valores fueron de 7,6 para el mes de junio, 7,7 en el mes de agosto y 7,83 en el mes de setiembre, además, Tolentino (2022) en el muestreo del río Barranco en el centro poblado de Supte San Jorge, 8,12 hasta 7,91 entre los meses de junio hasta agosto, todos estos reportes se encuentran enmarcados en el rango considerado por la normativa peruana aunándose con que estos ríos y quebradas están cerca de la ciudad de Tungo María.

Se logró evidenciar que dicha capacidad respecto al parámetro mencionado es mayor cuando se realiza el muestreo en horario cercano al medio día en comparación a las horas de la mañana o de la tarde, razón por ello se tiene que tener más repeticiones y puntos de muestreo para poder realizar una toma de decisiones más precisas para un determinado río o quebrada.

4.2.3. Oxígeno disuelto del agua de los ríos Tulumayo y Monzón

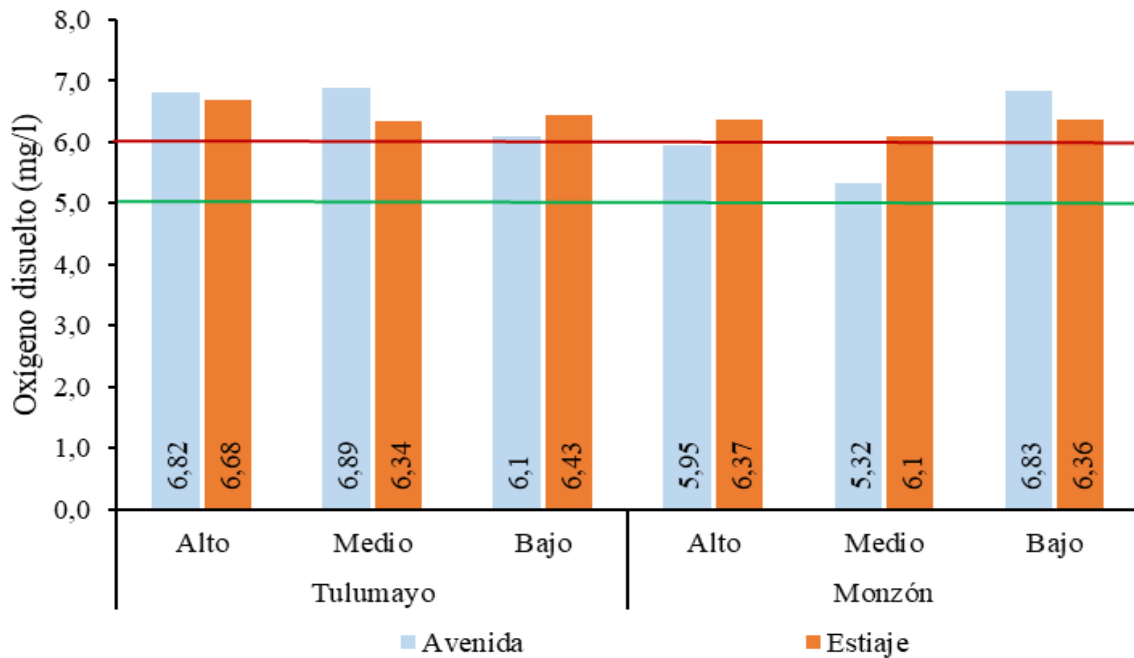
El oxígeno disuelto registró un incremento en la época de estiaje respecto a la época de avenida, siendo notorio también que en los ríos muestreados hubo diferentes valores del oxígeno disuelto (Tabla 6 y Figura 7). Los puntos de muestreo de un río registran variaciones basados en varios factores, siendo uno de los principales los vertimientos de aguas residuales por parte de las personas, esto se vio ratificado en la publicación llevada a cabo por Callasaca-Pacheco et al. (2022) del río Coata en el departamento de Puno donde para la época de estiaje se registró un valor de 2,95 mg/l en un punto antiguo a una fuente de contaminación, mientras que al muestrear en el mismo punto donde se encontraba la fuente de contaminación el valor del oxígeno disuelto disminuyó hasta 0,75 mg/l y pasado a dicho lugar aguas abajo se

registra que el valor vuelve a elevarse hasta 2,95 mg/l, siendo un comportamiento posiblemente atribuido a la circulación y mezcla del agua debido a la presencia de piedras que generan pequeñas olas y ayudan a que el agua se oxigene. Respecto al reporte del presente estudio, los dos ríos poseen características como pocas poblaciones aledañas y la presencia de pequeñas olas por la presencia de piedras en dichos ríos con la cual se pudieran promover la difusión del oxígeno atmosférico en la superficie del agua, debido a que las olas rompen y se mezclan con el aire, facilitando el intercambio gaseoso entre el aire y el agua, permitiendo que el oxígeno atmosférico se disuelva más eficientemente en el agua del río, motivo por el cual su valor es mucho inferior al antecedente reportado y las variaciones de los valores respecto a los puntos muestreados es en menor rango.

Tabla 6. Oxígeno disuelto del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

Río	Punto de muestreo	Época de avenida		Época de estiaje	
Tulumayo	Alto	6,82		6,68	
	Medio	6,89	6,60	6,34	6,48
	Bajo	6,10		6,43	
Monzón	Alto	5,95		6,37	
	Medio	5,32	6,03	6,10	6,28
	Bajo	6,83		6,36	
Huallaga	Afilador-Muyuna		6,09		

Los valores del oxígeno disuelto se encontraban por encima de 5,32 mg/l (Figura 7) esto es un poco inferior al estudio llevado a cabo por Mejía (2023) en la quebrada Agua Blanca en el distrito de Monzón donde encontró que en la parte más alta el valor de dicho parámetro obtuvo una media de 7,39 mg/l descendiendo ligeramente hasta una media de 7,11 mg/l, este elevado valor en la parte más alta pudo estar vinculado a la vegetación existente en sus alrededores de la quebrada, ya que se encontraba recibiendo un flujo constante de agua fresca y limpia, contribuyendo a que se mantenga elevado el nivel de oxígeno disuelto debido a la poca contaminación, este valor fue disminuyendo debido a que en la parte media hubo predios agrícolas y algunas viviendas, ya que la actividad humana en áreas cercanas a las quebradas de selva puede introducir contaminantes en el agua, como productos químicos agrícolas o aguas residuales no tratadas. La presencia de contaminantes puede ser tóxica para la vida acuática y afectar negativamente la capacidad del agua para retener oxígeno.



Línea roja representa al límite de la subcategoría A₁ y la línea verde corresponde a la subcategoría B₁

Figura 7. Comportamiento del oxígeno disuelto del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

La calidad de agua respecto al oxígeno disuelto en ambos ríos en estudio se encuentran dentro de lo establecido por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, correspondiente a las Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A₁) y para ser empleado como contacto primario de aguas superficiales destinadas para recreación (B₁), muy diferente al reporte generado en la publicación de Callasaca-Pacheco et al. (2022) del río Coata en el departamento de Puno, donde el mayor valor para la época de estiaje fue de 3,45 mg/l y en el caso de época de avenida registró valores hasta los 4,51 mg/l, valores atribuidos a la urbanización ya que dicho río recorre alrededor de la ciudad de Juliaca donde hay vertederos de fuentes contaminantes ya que en el mismo punto de los vertederos se registró valores muy bajos que llegó hasta 0,15 mg/l, ratificando que una de las causas que alteran la concentración del oxígeno disuelto en el agua son las acciones antrópicas.

4.2.4. DBO₅ del agua de los ríos Tulumayo y Monzón

La demanda bioquímica de oxígeno registraron variaciones al realizar muestreos en la época de avenida respecto a la época de estiaje; además estas variaciones fueron notorios entre los puntos de muestreo realizados en un tramo de cada río (Tabla 7 y Figura 8), al respecto, Callasaca-Pacheco et al. (2022) evaluaron el agua del río Coata (Puno) donde registraron variaciones de la variable indicada, presentando valores de 127,56 mg/l en la época de avenida y se incrementó hasta 460,00 mg/l en la época de estiaje, siendo un factor primordial

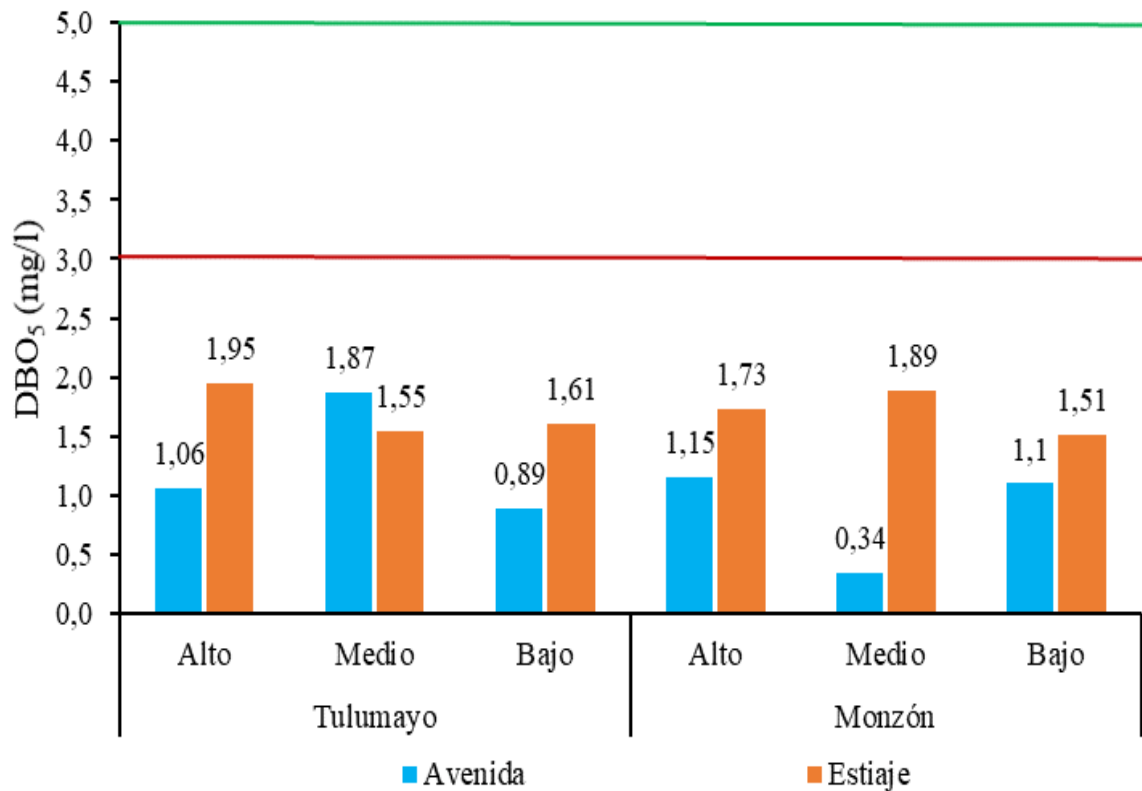
el incremento del caudal del agua con la cual, las lluvias intensas pueden afectar los patrones de descomposición de la materia orgánica y, en consecuencia, influir en la demanda bioquímica de oxígeno.

Tabla 7. Demanda bioquímica de oxígeno del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

Río	Punto de muestreo	Época de avenida		Época de estiaje	
Tulumayo	Alto	1,06		1,95	
	Medio	1,87	1,27	1,55	1,70
	Bajo	0,89		1,61	
Monzón	Alto	1,15		1,73	
	Medio	0,34	0,86	1,89	1,71
	Bajo	1,1		1,51	

Los valores de la demanda bioquímica de oxígeno del agua que son tributarios al río Huallaga se encuentran dentro de lo establecido por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, mientras que hay reportes como los de Callasaca-Pacheco et al. (2022) del río Coata en el departamento de Puno donde registraron valores superiores a 127,56 mg/l, atribuyendo a que el elevado valor se debe a que dicho río se encuentra cerca a áreas urbanas que vienen vertiendo sus aguas residuales domésticas, mientras que en el caso de los ríos estudiados aun la población se encuentra poco dispersa debido a que en sus alrededores hay terrenos de mayor área donde muchas aguas residuales generados no llegan directamente al río quedando en alguna parte de los terrenos o se infiltran.

La demanda bioquímica de oxígeno no superó el valor de 1,95 mg/l (Tabla 7) siendo un valor similar a lo reportado en el estudio de Mejía (2023) para la quebrada Agua Blanca en el distrito de Monzón donde encontró que en la parte más alta el valor de dicho parámetro obtuvo una media de 1,17 mg/l descendiendo ligeramente en la parte baja hasta una media de 0,98 mg/l, estos valores se encuentran relacionadas a que en dichos medios acuáticos no se encuentran muy contaminadas por la presencia de materia orgánica biodegradable, además poseen buena capacidad de autodepuración que se encuentra muy relacionada al clima y la elevada temperatura que presenta el agua, asimismo como el caudal que superior a las quebradas, la turbulencia del agua y la capacidad de vertido que realizan los pobladores aledaños al río (Chaparro, 2020) hacen que el parámetro mencionado registren variaciones tanto en un mismo punto de muestreo como en diferentes épocas del año como se refleja en el estudio.



Línea roja representa al límite de la subcategoría A₁ y la línea verde corresponde a la subcategoría B₁

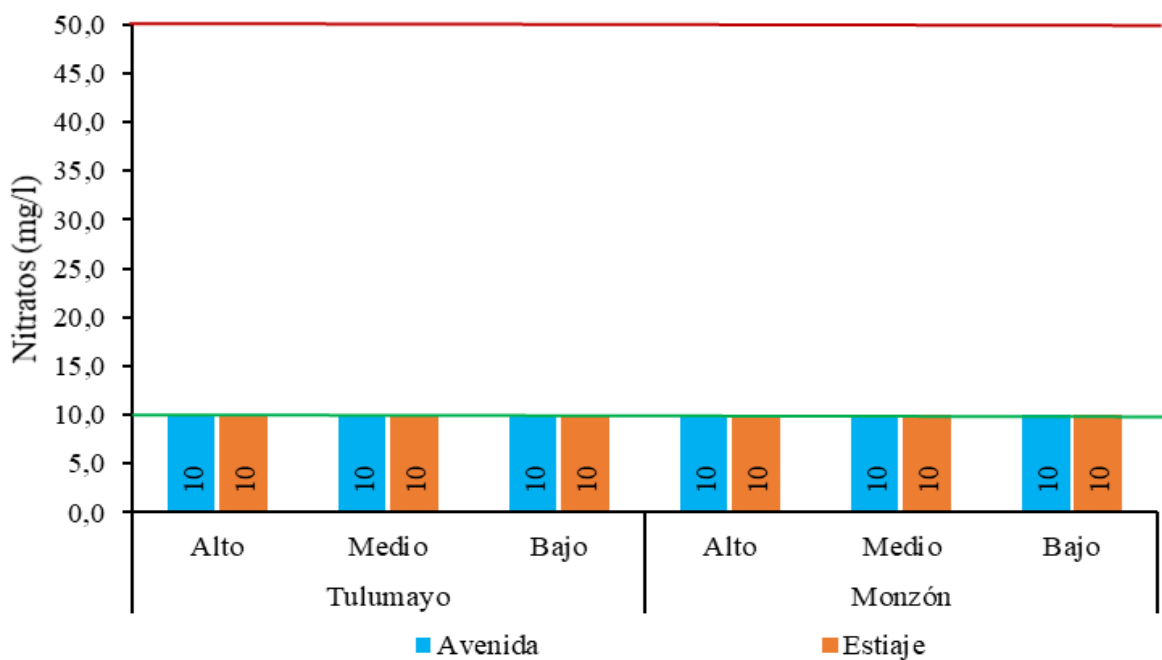
Figura 8. Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

4.2.5. Nitratos en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón

Los contenidos de nitratos en las muestras de agua correspondientes a los dos ríos obtuvieron un valor de 10 para todos los puntos de muestreo y también las épocas de avenida y estiaje (Tabla 8 y Figura 9), reportes inferiores fueron registrados en un estudio ejecutado por Dionisio (2021) en las fuentes de agua Cocheros, donde encontró para el mes de agosto 0,40 mg/l, setiembre 0,47 mg/l, octubre 1,30 mg/l y noviembre 0,40 mg/l, mientras que en el caso de la quebrada Del Águila reportó 0,50 mg/l para el mes de agosto, setiembre y octubre, descendiendo a 0,33 mg/l en el mes de noviembre; para el caso de la quebrada Cushuro se registró valores de 0,90 mg/l en el mes de agosto, 0,50 mg/l en setiembre y octubre para que descienda a 0,47 mg/l en el mes de noviembre, la presencia de este compuesto puede estar vinculado a factores como la descomposición de la materia orgánica que caen de los árboles como son las hojas y ramas pudiendo liberar nitratos al agua de la quebrada ya que no se encuentran viviendas cercanas a los ríos mencionados en el antecedente. Además, en el estudio publicado por Dimas (2011), solamente indica la presencia de nitratos en el agua, sin aclarar el valor de dicha variable.

Tabla 8. Nitratos en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

Río	Punto de muestreo	Época de avenida		Época de estiaje	
Tulumayo	Alto	10		10	
	Medio	10	10	10	10
	Bajo	10		10	
Monzón	Alto	10		10	
	Medio	10	10	10	10
	Bajo	10		10	



Línea roja representa al límite de la subcategoría A₁ y la línea verde corresponde a la subcategoría B₁

Figura 9. Comportamiento de los nitratos en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

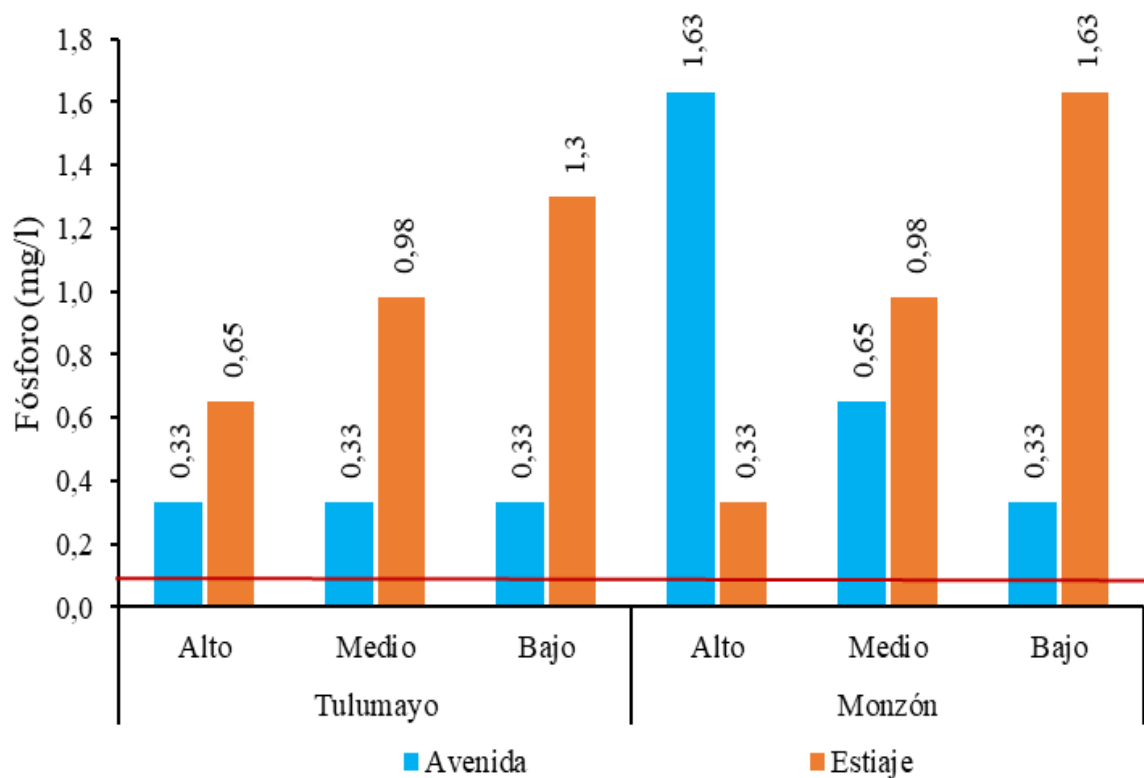
Los nitratos obtuvieron valores similares en ambos ríos y en todos los puntos de muestreo, resultados iguales lo reporta Raymundo (2023) al evaluar el agua del río Supte, siendo una de los factores a dicho parámetro el uso excesivo de fertilizante que contienen nitratos por los agricultores aledaños a los ríos, habiendo cantidades que los cultivos no pueden absorber todos los nitratos aplicados, pueden llegar a los cuerpos de agua a través del escurrimiento superficial o la lixiviación del suelo (Chaparro, 2020), a esto se suman las descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado por parte de la población urbana cercana a los ríos y también se tiene a la acción de deforestar que aumentan la tasa de erosión edáfica y el escurrimiento de nitratos hacia los ríos.

4.2.6. Fósforo en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón

El nivel de fósforo total fue inferior en la época de avenida para ambos ríos evaluados; se encontró que hubo una relación inversa del punto de muestreo con el nivel de fósforo en la época de estiaje (Tabla 9 y Figura 10), siendo notorio el elevado valor del fósforo en los ríos que puede ser consecuencia de la descomposición de materia orgánica y la erosión natural del suelo, coincidiendo con lo indicado por Ecofluidos Ingenieros (2012), en el sentido que de este elemento no suele haber en el agua más de 1 mg/L.

Tabla 9. Fósforo total en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

Río	Punto de muestreo	Época de avenida		Época de estiaje	
Tulumayo	Alto	0,33		0,65	
	Medio	0,33	0,33	0,98	0,98
	Bajo	0,33		1,30	
Monzón	Alto	1,63		0,33	
	Medio	0,65	0,87	0,98	0,98
	Bajo	0,33		1,63	



Línea roja representa al límite de la subcategoría A₁

Figura 10. Comportamiento del fósforo total en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

Asimismo, los valores del fósforo fueron elevados en los diferentes puntos de muestreo y también en las épocas de haber realizado el estudio (Figura 10), esto se encuentra acorde a lo publicado por Raymundo (2023) en el agua del río Supte y reportó valores superiores a la normativa vigente, estos valores que fueron superiores en época de estiaje puede ser atribuido a la presencia de actividades antrópicas como la tala y quema de bosques primarios o secundarios que muchas veces los agricultores optan por ubicarlos cerca de los ríos ya que los suelos son más productivos (suelos aluviales), uno de los resultados después de la quema son las cenizas que contienen una cantidad significativa de nutrientes, incluido el fósforo, los mismos son arrastrados hacia los ríos cuando ocurra la precipitación aunque sea en pequeña magnitud.

El conocimiento empírico “de que más recorro el río, se eleva el valor del fósforo”, también lo registró Quiroz et al. (2017) en un determinado río en Ecuador, atribuyendo dicho comportamiento a que las personas vierten aguas residuales al río lo que provoca una disminución en la capacidad de asimilar la carga contaminante y restaurar su calidad de forma natural, razón por la cual en medios naturales el valor del fósforo trata de ser muy similar en diferentes puntos de muestreo, pero en el caso de un río aledaño a la población asentada se encontrarán comportamientos similares a lo encontrado en este estudio.

4.2.7. Coliformes fecales en el agua de los ríos Tulumayo y Monzón

El indicador coliformes fecales correspondiente a la calidad microbiológica no registró la presencia alguna en las muestras de agua tomadas en los diferentes puntos de muestreo y las épocas del año (Tabla 10), este reporte es muy inferior a lo encontrado por Raymundo (2023) al evaluar el agua del río Supte donde reportó ausencia de dicho parámetro biológico para los meses de agosto y setiembre, mientras que en el caso del mes de octubre se registró un promedio de 3,78 NMP/ 100 ml con menores concentraciones en la parte alta del río y mayor valor en la parte baja; aunque el reporte fue muy inferior al valor de 20 NMP/ 100 ml que considera la norma para considerar “aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección” (A1), tener en conocimiento la cantidad de estos microorganismos es de suma importancia debido a que su presencia sugiere una alta probabilidad de que el agua haya estado en contacto con materia fecal y, por lo tanto, pueda contener patógenos transmitidos por vía fecal-oral, como *Escherichia coli* y algunas especies de *Salmonella*. Además, detectar a estos coliformes suele indicar problemas de contaminación debido a que en niveles elevados puede requerir acciones inmediatas para proteger la salud de las personas, ya que su ingesta o contacto puede causar enfermedades gastrointestinales y otros problemas de salud.

Tabla 10. Coliformes fecales del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

Río	Punto de muestreo	Época de avenida	Época de estiaje
Tulumayo	Alto	0	0
	Medio	0	0,00
	Bajo	0	0
Monzón	Alto	0	0
	Medio	0	0,00
	Bajo	0	0
Huallaga	Afilador-Muyuna	894,44	

La movilidad del agua en los ríos hace que se obtengan resultados variables en algunos parámetros como es en este caso coliformes fecales, ya que por una parte en un informe por parte de la Municipalidad Distrital de Daniel Alomia Robles (2020), resalta que muchos pobladores construyeron sus viviendas empleando materiales como la madera, carrizos y demás materiales, los mismos que vienen generando desechos que van al río Tulumayo.

4.2.8. Sólidos totales del agua de los ríos Tulumayo y Monzón

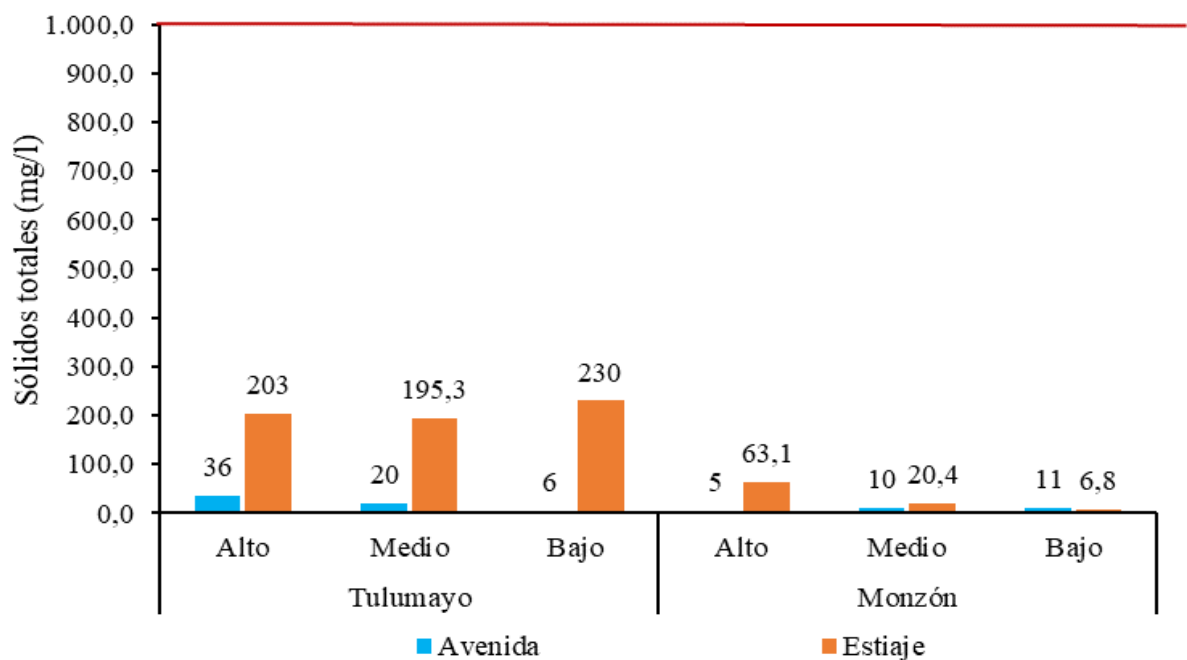
La cantidad de sólidos totales determinadas en las muestras de agua fue inferior en la época de avenida, mientras que los valores más elevados se registraron para la época de estiaje (Tabla 11 y Figura 11), este comportamiento fue ligeramente notorio cuando Romero (2022) determinó este parámetro en la fuente de agua ubicada cerca del centro poblado Capitán Arellano donde para los meses desde mayo, junio y julio registró valores promedios de 68, 69 y 73 mg/l, respectivamente, siendo los factores que pudieran favorecer a los sólidos suspendidos la disminución del caudal por la poca presencia de lluvias, lo que lleva a una reducción del caudal de los ríos que disminuye la velocidad de la corriente, lo que genera que los sedimentos y partículas sólidas que se encuentran en el lecho del río sean más propensos a ser arrastrados y suspendidos en el agua. Además, cuando se reduce el caudal, las fuerzas erosivas del agua impactarían en el lecho y las orillas del río. Esto conlleva a un aumento de la erosión de suelos y rocas, liberando una mayor cantidad de partículas sólidas en suspensión.

En las épocas de muestreo se ratificó que los sólidos totales fueron diferentes para ambos ríos en estudio (Tabla 11 y Figura 11), esto fue reportado también en el estudio ejecutado por Dionisio (2021) en las fuentes de agua Cocheros, Del Águila y Cushuro, mostrando que en el caso de la primera quebrada el valor para la época de avenida fue superior en comparación a la época de estiaje, lo cual es un comportamiento diferente a lo encontrado

en los ríos en estudio, esto es debido a que en las quebradas hay mayor vegetación y se controla la erosión, mientras que en el caso del río Monzón y Tulumayo se incrementó los sólidos en temporada de estiaje debido a que en algunos puntos se utilizan como recreación el agua, lo que puede aumentar la cantidad de sedimentos a consecuencia de la navegación con botes pequeños, el turismo y la construcción en áreas cercanas a los ríos pueden generar disturbios y liberación de partículas sólidas al agua, además, cuando hay poca presencia de lluvias, la vegetación ribereña suele secarse y desprenderse, lo que aporta más material sólido al agua.

Tabla 11. Sólidos totales del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

Río	Punto de muestreo	Época de avenida		Época de estiaje	
Tulumayo	Alto	36,0		203,0	
	Medio	20,0	20,67	195,3	209,43
	Bajo	6,0		230,0	
Monzón	Alto	5,0		63,1	
	Medio	10,0	8,67	20,4	30,10
	Bajo	11,0		6,8	
Huallaga	Afilador-Muyuna			62,67	



Línea roja representa al límite de la subcategoría A₁

Figura 11. Comportamiento de los sólidos totales del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

En el río Monzón se registró que para la época de estiaje hubo disminución de los sólidos totales suspendidos en la parte baja en comparación a la parte alta de muestreo (Figura 9), similar comportamiento se observó en el estudio llevado a cabo por Raymundo (2023) al evaluar el agua del río Supte en el mes de agosto donde hay baja precipitación registró para la parte alta 221,67 mg/l y disminuyó hasta la parte baja a 121,33 mg/l, muy por el contrario, lo reportó en el mes de octubre donde en la parte alta había 185 mg/l y se incrementó hasta 195,67 mg/l en la parte baja que se realizó el muestreo, esta variación de valores también fue observado en el río Monzón para la época de avenida con registros del doble de sólidos suspendidos en comparación al valor de la parte alta, el último comportamiento puede estar vinculado a la temporada de lluvias, donde hay mayor probabilidad de que los valores de sólidos suspendidos se incremente de manera significativa, elevados valores de precipitación podrían provocar una mayor erosión del suelo en áreas desprovistas de vegetación, lo que conlleva una mayor carga de sedimentos arrastrados por las corrientes hacia el río, especialmente si hay actividades humanas como la deforestación o la agricultura mal aplicada en la cuenca.

4.2.9. Índice de Calidad del Agua (ICA- Dinius) del agua de los ríos Tulumayo y Monzón

De acuerdo al ICA- Dinius, la calidad del agua de los ríos en diferentes puntos y épocas de muestreo en su mayoría fue considerada como aceptable (Tabla 12), coincidentes reportes de variabilidad en los resultados también lo encontró Raymundo (2023) al evaluar el agua del río Supte, en donde de acuerdo al ICA-NSF encontró que en el mes de agosto y setiembre la calidad de agua fue clasificada como buena, mientras que en el mes de octubre fue clasificado como regular debido a que en la parte baja recibió un calificativo de regular, esto se debe a la influencia de las actividades humanas en la zonas cercanas a los ríos van perjudicando su calidad mientras más recorre un río.

Tabla 12. Índice de Calidad del Agua (ICA) del agua de los ríos Tulumayo y Monzón.

Época	Río Tulumayo			Río Monzón		
	Parte alta	Parte media	Parte baja	Parte alta	Parte media	Parte baja
Avenida	58,81	50,56	59,53	62,47	82,10	64,07
	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Excelente	Aceptable
Estiaje	59,27	60,15	58,96	76,23	67,15	68,50
	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Excelente	Aceptable	Aceptable

Los ríos en estudio aun cuentan con calificación de aceptable, esto no es similar a lo que encontraron Quiroz et al. (2017) en Manabí – Ecuador al evaluar el agua del río Portoviejo aplicando el método NSF, donde reportaron que dicho río tiene agua de calidad mala y esta condición es debido a la elevada carga contaminante producto del vertimiento de aguas residuales ya que se encuentra cercano a las ciudades y también se observó la disminución en la capacidad natural del río para depurarse, estos reportes hacen notar que en los ríos tributarios al Huallaga aún se puede utilizar para recreación y en el caso de que deseen consumirlos se tiene que potabilizadas con desinfección (A1).

Hubo diferencias entre la calificación obtenida por el uso del índice Dinius (aceptable) y el índice de Oregon catalogado como ríos con agua de calidad muy pobre (Tablas 3 y 12), esto fue también observado en el análisis llevado a cabo por parte de Alarcón (2019) en caso del río Rimac, reportando que, aspectos generales y prácticos, los métodos ICA – NSF, ICA – PE e ICA – Universal habían califica en categorías desde bueno hasta medio, mientras que en el caso del ICA – León lo catalogó como aceptable hasta levemente contaminada, en el caso de emplear el método ICA – Dinius fue clasificado como adecuado para el tratamiento de agua para cultivos que necesitan una alta calidad de agua, hasta aquellas aguas que no necesitan tratamiento para la mayoría de los cultivos , además de que al utilizar el método ICA – Idaho lo clasificó como marginal y para el método ICA – Oregon fue categorizado al río Rímac con agua de calidad muy pobre.

El caudal del río Huallaga supera en valor a los dos ríos tributarios (Tabla 13), estos valores se esperan que sigan incrementándose debido al estudio predictivo llevado a cabo por Loayza (2023), quien reportó para el río Monzón en un periodo de 50 años donde el valor llegó hasta duplicarse.

Tabla 13. Valores del caudal del río Huallaga y sus tributarios.

Ríos	Caudal (m ³ /seg.)
Huallaga	3796,40
Monzón	618,30
Tulumayo	86,60

V. CONCLUSIONES

1. La calidad del agua basada en el índice de Oregón determinó que tanto el río Tulumayo (OWQI 12,59 hasta 15,82) como el río Monzón (OWQI 13,86 hasta 19,20) se categorizan de una calidad “MUY POBRE” tanto en los 3 sitios de muestreo por cada río, en ambas épocas del año. De manera similar, el río Huallaga presenta igual calificación en la calidad.
2. Todos los parámetros considerados dentro de la normativa nacional correspondiente a la categoría A1 y la de categoría B1 se encuentran dentro de lo aceptable, a excepción del P que su valor superó lo considerado para la categoría A1.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar investigaciones sobre la calidad del agua que presentan los ríos de la provincia de Leoncio Prado.
2. En estudios de la calidad del agua de los ríos y quebradas se debe incluir la mayor cantidad de parámetros para tener una clasificación más real de lo que se presenta en el agua.
3. Permitir el estudio correspondiente al seguimiento y control de la calidad del agua en lugares a los que siempre concurren los visitantes debido a que la provincia se caracteriza por ser zona turística.
4. Para disminuir el contenido de fósforo en el agua de los ríos evaluados, se debe realizar campañas de sensibilización correspondiente al uso adecuado del agua, se debe limitar el uso de fertilizantes fosfatados y realizar prácticas agrícolas sostenibles como la rotación de cultivos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, J. F. (2019). *Aplicación de métodos de Índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional UNMSM. <https://core.ac.uk/download/pdf/326003104.pdf>
- Asociación Americana de Salud Pública [APHA]. (1999). *Método normalizado para el análisis de aguas potables y residuales*. Edición Díaz de Santos, S.A.
- Autoridad Nacional del agua [ANA]. (2016). *Protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficiales*. Ministerio de Agricultura. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/215/ANA0000031.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Callasaca-Pacheco, R. A., Larico-Mamani, C. J., Fernandez-Mamani, D. L., Cabana, R., Cahua-Alvarez, J. L., & Choquecota, J. Q. (2022). Variación de la calidad del agua del río Coata según el Ica-Perú por fuentes contaminantes. *Cátedra Villarreal*, 10(1), 16-25. <https://doi.org/10.24039/cv20221011189>
- Canales, F. H. (2004). *Metodología de la investigación*. Manual para el desarrollo de personal de salud (20ª ed.). Limusa Noriega Editores.
- Chaparro, S. A. (2020). *Determinación de la capacidad de autodepuración de un tramo del río Tunjuelo respecto al pH y la demanda biológica de oxígeno (DBO)* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional UCATOLICA. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/9ba38a9b-9094-4c12-a998-a7fe923d25f0/content>
- Chuquichaico, L. A. (2016). *Impacto de la reforestación en la recuperación de los suelos degradados en la microcuenca del río Monzón - región Huánuco* [Tesis doctoral, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. Repositorio institucional UIGV. http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1071/T_DOC.MEDIA_MBIE.DESA.SOST._08845360_CHUQUICHAICO_SAMANIEGO_LUIS%20ALBERTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica [CONCYTEC]. (2014). *Estrategia Nacional para el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación: crear para crecer*. CONCYTEC.
- Cude, C. (2001). Oregon water Quality Index: A tool for evaluating water quality management effectiveness. Paper No. 99051 of the *Journal of the American Resources Association*, 37(1), 125-138.

- Dimas, L. J. (2011). *Calidad del agua del Río –Huallaga* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/426>
- Dionisio, A. I. (2021). *Calidad del agua para consumo poblacional de las fuentes de agua cocheros, quebrada del Águila y Cushuro en la ciudad de Tingo María – Leoncio Prado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2111/TS_AIDA_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dirección General de Salud Ambiental [Digesa]. (2007). *Análisis Microbiológico de Aguas Residuales por Técnicas de los Tubos Múltiples de fermentación (NMP)*.
- Dojlido, J., raniszewski, J., y Woyciechowska, J. (1994). Water Index Applied to Rivers in the vistula River Basin in Poland. *Environ. Monit. Assess*, 33(1), 33-42. doi: 10.1007/BF00546659.
- Ecofluidos Ingenieros S.A. (2012). *Estudio de calidad de fuentes utilizadas para consumo y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*.
- Fernández, N., y Solano, F. (2005). *Índice de calidad y de contaminación del agua*. ICATest versión 1.0.
- Guevara, A. (1996). *Control de calidad de agua. Métodos de análisis para la evaluación de la calidad de agua*. OPS/CEPIS/96.
- Jimeno, E. (1998). *Análisis de aguas y desagües*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Loayza, R. L. (2023). *Modelamiento geoespacial de llanura de inundación del río monzón, tramo puente monzón aguas arriba 1+000 km, centro poblado Bella Alta, distrito Mariano Dámaso Beraun – provincia de Leoncio Prado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de La Selva]. Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2369/TS_LLRL_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López, E. M., García, B., Reynoso, Y., González, P., y Larroudé, V. (2016). Calidad del agua para usos recreativos desde las perspectivas de la seguridad e higiene laboral y la salud pública. Estudio de caso. https://www.palermo.edu/ingenieria/investigacion-desarrollo/pdf/Trabajo_Completo_Lopez_Sardi_Estela_Monicav3.pdf
- Mejía, G. M. (2023). *Relación entre macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua a partir de los parámetros fisicoquímicos de la quebrada Agua Blanca – Monzón – Huánuco– Perú – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].

- Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2380/TA_GMMC_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Municipalidad Distrital de Daniel Alomia Robles. (2020). Evaluación de riesgos por inundación fluvial margen derecha del río Tulumayo en el Sector Pumahuasi – Huamancoto, en el Distrito de Daniel Alomia Robles, Provincia Leoncio Prado – Huánuco. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/9644_informe-de-evaluacion-de-riesgos-por-inundacion-fluvial-margen-derecha-del-rio-tulumayo-en-el-sector-pumahuasi-huamancoto-distrito-de-daniel-alomia-ro.pdf
- Nel, Q. F. (2010). *Metodología de la investigación científica*. MACRO.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2021). *La OMS publica las Directrices sobre la calidad del agua para usos recreativos, coincidiendo con la llegada del verano y el calor*. OMS. <https://www.who.int/es/news/item/13-07-2021-who-launches-guidelines-for-recreational-water-quality-as-summer-heats-up>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. ONU. <http://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf>.
- Ott, W. (1978). *Ambiental índices. Teoría y práctica*, AA Science, Ann Arbor, Michigan.
- Poma, N. M. (2018). *Calidad del agua según el Índice de Oregon del Sistema de Abastecimiento poblacional proveniente de la quebrada Etita*. Informe. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Poquioma, M. (2023). *Calidad del agua para consumo humano en el CC. PP Nueva Esperanza – Luyando - Leoncio Prado – Huánuco, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2429/TS_MPC_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Puerto Rico Environmental Quality Board [PREQB]. (2004). *Puerto Rico Water Quality Inventory and List of Impaired Waters, 2004-305 (b)/303 (d) Final Report*.
- Quiroz, L. S., Izquierdo, E., y Menéndez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Riha*, 38(3), 41-51. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
- Ramallo, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Editorial Reverte.
- Raymundo, J. C. (2023). *Calidad del agua del río Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge en Rupa Rupa, Leoncio Prado – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad

- Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2362/TS_JCRA_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Romero, J. (1998). *Calidad de aguas*. Editorial, NOMOS S.A.
- Romero, J. C. (2022). *Análisis de la calidad de agua para consumo humano y percepción local en la población de la ciudad de Naranjillo, Distrito Luyando – Leoncio Prado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2395/TS_RGJC_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rubio, H. O., Ortiz, R. C., Quintana, R. M., Saucedo, R. A., Ochoa, J. M., y Rey, N. I. (2014). Índice de Calidad de Agua (ICA) en la Presa la Boquilla. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(2), 139-150. <https://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>
- Sias, D. Y. (2014). *Evaluación de la Calidad del Agua Mediante el Índice de Oregon en el Sistema de Abastecimiento Poblacional Proveniente de la Quebrada Cocheros*. Informe. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Sias, D. Y. (2015). *Índice de Calidad de agua OWQI (Oregon Water Quality Index) en el Sistema de Abastecimiento Poblacional proveniente de la quebrada de Cocheros, Córdova y Naranjal* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS.
- Tolentino, Y. (2022). *Calidad del agua para uso recreativo del río Barranco en el centro poblado de Supte San Jorge, Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2256/TS_YTD_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Universidad de Pamplona. (2010). *Índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial*. UNIPAMPLONA. https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf
- Vásquez, V. F. (2010). *Evaluación del índice de calidad del agua de influencia del botadero municipal de Tarapoto Sector Yacucatina* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto]. Repositorio institucional UNMSM. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/461>

Anexos

Anexo A. Matriz de datos.

Tabla 14. Indicadores de calidad del agua (T, pH, OD y DBO₅) de dos ríos tributarios al río Huallaga.

Lugar	Temporada	Punto	T (°C)	pH	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)
Río Tulumayo	Invierno	Alto	24	8,54	6,82	1,06
Río Tulumayo	Invierno	Medio	24,6	8,76	6,89	1,87
Río Tulumayo	Invierno	Bajo	24,1	8,70	6,1	0,89
Río Monzón	Invierno	Alto	20,8	8,04	5,95	1,15
Río Monzón	Invierno	Medio	21,1	7,93	5,32	0,34
Río Monzón	Invierno	Bajo	20,9	7,97	6,83	1,10
Río Tulumayo	Verano	Alto	28,3	7,83	6,68	1,95
Río Tulumayo	Verano	Medio	26,5	7,95	6,34	1,55
Río Tulumayo	Verano	Bajo	25,9	8,02	6,43	1,61
Río Monzón	Verano	Alto	26,4	6,85	6,37	1,73
Río Monzón	Verano	Medio	25,6	7,29	6,1	1,89
Río Monzón	Verano	Bajo	27,2	7,36	6,36	1,51

Tabla 15. Indicadores de calidad del agua (nitrógeno, fósforo, Col. fecales y SST) de dos ríos tributarios al río Huallaga.

Lugar	Temporada	Punto	Nitrógeno (mg/l)	Fósforo (mg/l)	Col. Fecales (UFC)	SST
Río Tulumayo	Invierno	Alto	2,26	0,33	0	36
Río Tulumayo	Invierno	Medio	2,26	0,33	0	20
Río Tulumayo	Invierno	Bajo	2,26	0,33	0	6
Río Monzón	Invierno	Alto	2,26	1,63	0	5
Río Monzón	Invierno	Medio	2,26	0,65	0	10
Río Monzón	Invierno	Bajo	2,26	0,33	0	11
Río Tulumayo	Verano	Alto	2,25	0,65	0	203
Río Tulumayo	Verano	Medio	2,25	0,98	0	195,3
Río Tulumayo	Verano	Bajo	2,25	1,3	0	230
Río Monzón	Verano	Alto	2,26	0,33	0	63,1
Río Monzón	Verano	Medio	2,26	0,98	0	20,4
Río Monzón	Verano	Bajo	2,26	1,63	0	6,8

Tabla 16. Subíndices de calidad del agua (T, pH, OD y DBO₅) de dos ríos tributarios al río Huallaga.

Lugar	Temporada	Punto	T (°C)	pH	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)
Río Tulumayo	Invierno	Alto	Marginal	Muy pobre	Buena	Muy pobre
Río Tulumayo	Invierno	Medio	Muy pobre	Muy pobre	Buena	Muy pobre
Río Tulumayo	Invierno	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Marginal	Muy pobre
Río Monzón	Invierno	Alto	Muy pobre	Excelente	Marginal	Muy pobre
Río Monzón	Invierno	Medio	Muy pobre	Muy pobre	Buena	Marginal
Río Monzón	Invierno	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Buena	Muy pobre
Río Tulumayo	Verano	Alto	Muy pobre	Excelente	Buena	Muy pobre
Río Tulumayo	Verano	Medio	Muy pobre	Excelente	Marginal	Muy pobre
Río Tulumayo	Verano	Bajo	Pobre	Excelente	Marginal	Muy pobre
Río Monzón	Verano	Alto	Pobre	Excelente	Marginal	Muy pobre
Río Monzón	Verano	Medio	Muy pobre	Muy pobre	Marginal	Muy pobre
Río Monzón	Verano	Bajo	Pobre	Excelente	Marginal	Muy pobre

Tabla 17. Subíndices de calidad del agua (N, fosfato, Col. fecales y SST) de dos ríos tributarios al río Huallaga.

Lugar	Temporada	Punto	Nitrógeno (mg/l)	Fosfato (mg/l)	Col. Fecales (UFC)	SST
Río Tulumayo	Invierno	Alto	Muy pobre	Muy pobre	Excelente	Excelente
Río Tulumayo	Invierno	Medio	Muy pobre	Muy pobre	Excelente	Excelente
Río Tulumayo	Invierno	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Excelente	Excelente
Río Monzón	Invierno	Alto	Pobre	Muy pobre	Excelente	Excelente
Río Monzón	Invierno	Medio	Pobre	Muy pobre	Excelente	Excelente
Río Monzón	Invierno	Bajo	Pobre	Muy pobre	Excelente	Excelente
Río Tulumayo	Verano	Alto	Muy pobre	Muy pobre	Excelente	Pobre
Río Tulumayo	Verano	Medio	Muy pobre	Muy pobre	Excelente	Muy pobre
Río Tulumayo	Verano	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Excelente	Muy pobre
Río Monzón	Verano	Alto	Pobre	Muy pobre	Excelente	Buena
Río Monzón	Verano	Medio	Pobre	Muy pobre	Excelente	Pobre
Río Monzón	Verano	Bajo	Pobre	Muy pobre	Excelente	Buena

Anexo B. Fotografías**Figura 12.** Georreferenciación del punto de muestreo del río Monzón.**Figura 13.** Obtención de muestras de agua del río Monzón.



Figura 14. Muestras de agua del río Monzón dentro del cooler.

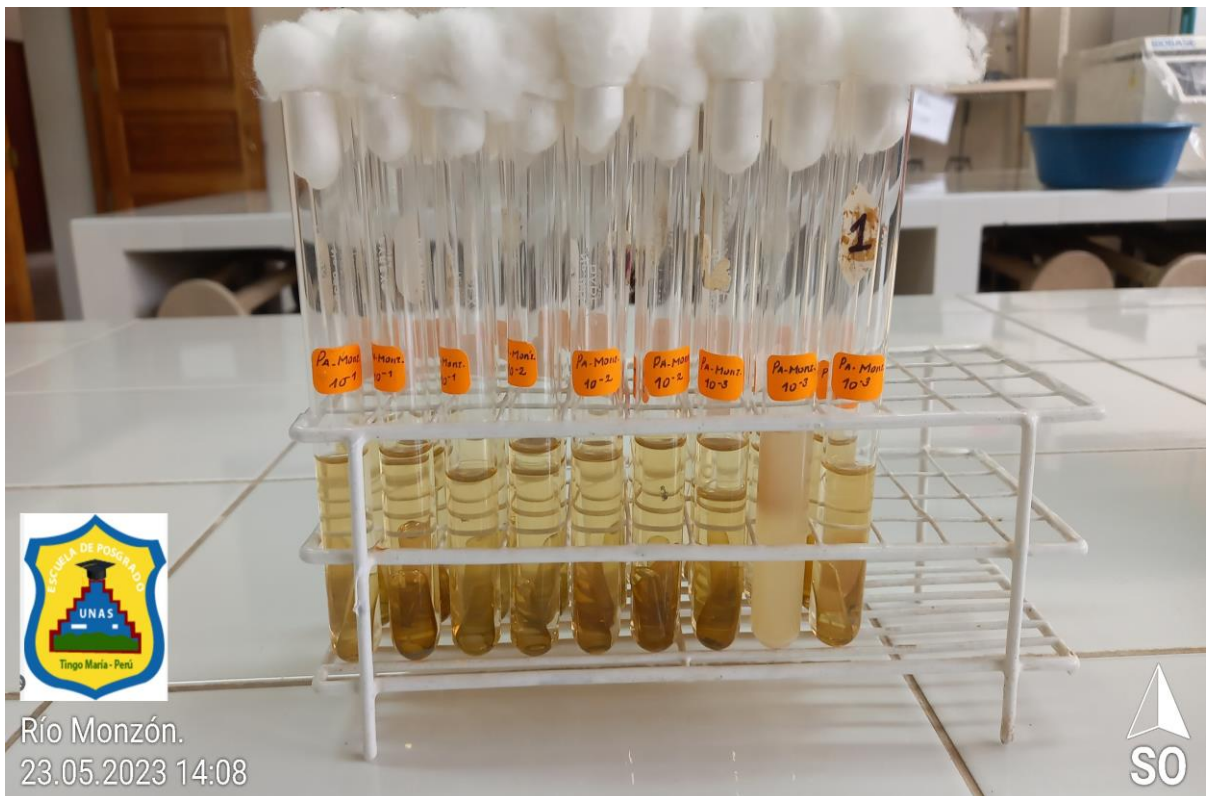


Figura 15. Diluciones de las muestras de agua del río Monzón para determinar coliformes..



Figura 16. Georreferenciación del punto de muestreo del río Tulumayo.



Figura 17. Obtención de las muestras de agua del río Tulumayo.



Figura 18. Muestras de agua del río Tulumayo dentro del cooler.



Figura 19. Diluciones de las muestras de agua del río Tulumayo para determinar coliformes.

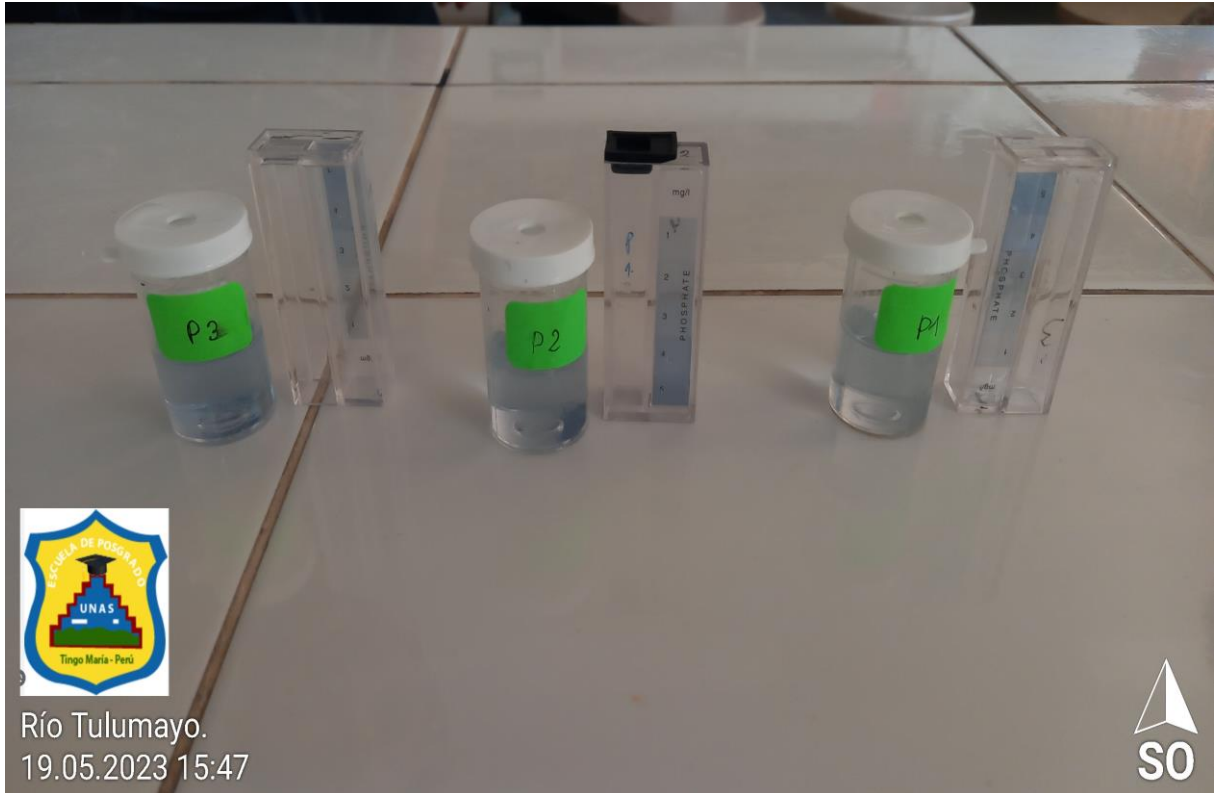


Figura 20. Determinación del fosfato en muestras de agua del río Tulumayo.

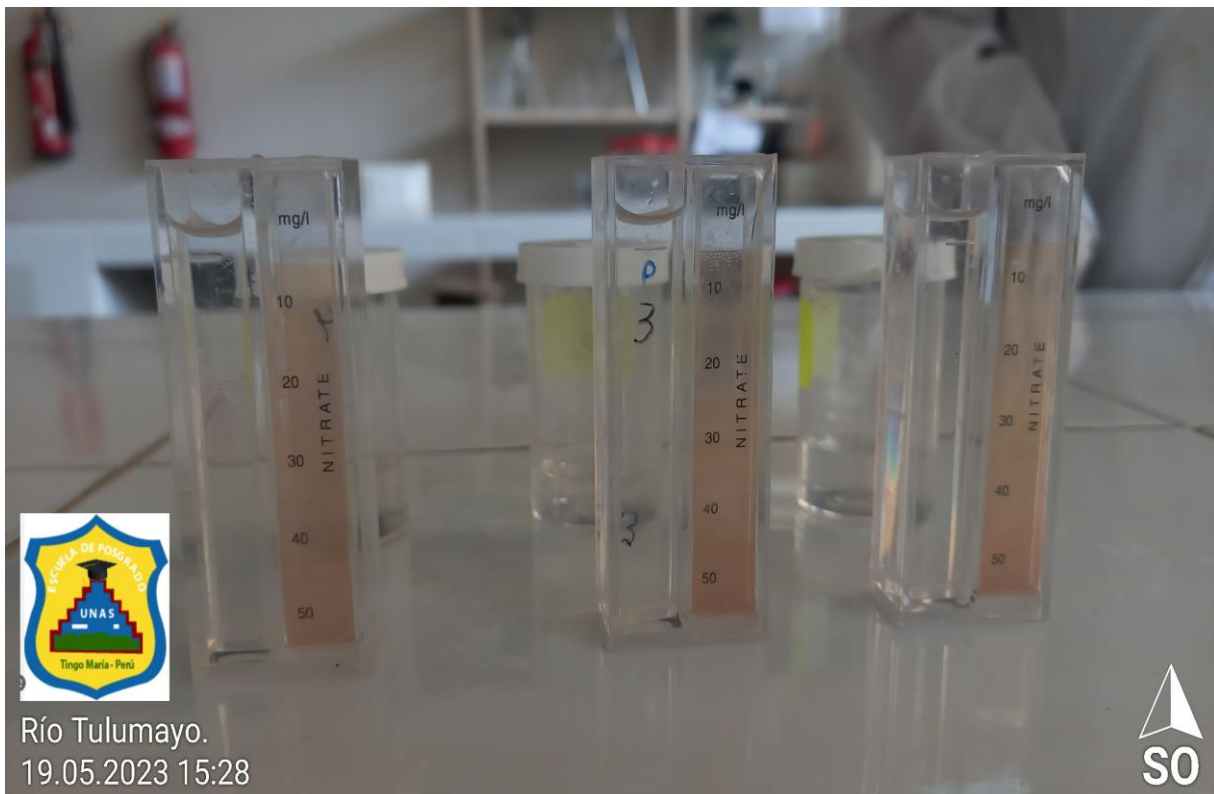


Figura 21. Determinación del nitrato en muestras de agua del río Tulumayo.