

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



T E S I S

Evaluación de la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Lenin FERNANDEZ EVANGELISTA

Asesor:

Mg. Rosario Marcela VÁSQUEZ GARCÍA

Cerro de Pasco – Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



T E S I S

Evaluación de la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO

Mg. Eleuterio Andrés ZAVALETA SANCHEZ
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 152-2023-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Evaluación de la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022

Apellidos y nombres de los tesisistas:

Bach. FERNANDEZ EVANGELISTA, Lenin

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. VASQUEZ GARCIA, Rosario Marcela

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

15%

APROBADO

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 15 de diciembre del 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villar Requiza Carbajal
DIRECTOR DE CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis padres Leoncio Fernández Castañeda, Gloria Evangelista León y mis hermanos ya que me brindaron su apoyo incondicional en todo momento y por creer en mi desde el primer día que me propuse asumir este reto.

AGRADECIMIENTO

El reconocimiento a mis Padres y Hermanos.

RESUMEN

La sub cuenca del río Tingo nace en la ciudad de Cerro de Pasco, pasa por el centro poblado de Tingo Palca, llegando a Junipalca, Conoc y posteriormente a Salcachupán donde es efluente del río Huallaga recorriendo en un total de Longitud del río principal (36.35 Km). Parte de las aguas domésticas de la ciudad de Cerro de Pasco son vertidas al río Tingo afectando su calidad; en esta misma zona se encuentra el botadero de Rumiallana de propiedad de la empresa Cerro SAC este botadero tiene presencia de desmonte de mina y residuos sólidos dispuestos por la población de Cerro de Pasco, desde este botadero se genera lixiviados con aparente presencia de metales pesados que llegan de igual forma al río Tingo. Aguas abajo se tienen poblados que generan aguas residuales domésticas que son vertidas al río Tingo sin ningún tratamiento.

La investigación tiene como objetivo principal determinar la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022.

Finalizada la investigación los resultados demuestran que, en la cabecera de la cuenca del río Tingo se evidencia diferentes tipos de arrastre de contaminantes desde aguas residuales domésticas, lixiviados del botadero Rumiallana y arrastre de residuos sólidos del botadero Rumiallana, lo cual hace que la calidad de aguas de acuerdo a los *Índices Biological Monitoring Working Party* (BMWP) está representado por **Muy Crítica (Aguas fuertemente contaminadas)**, ya que solo se ubicó la especie *Phormidium sp* con 2 unidades.

Aguas abajo la autodepuración de las aguas del río Tingo mejora sus condiciones de calidad de agua, incrementándose el oxígeno disuelto y las condiciones del agua de acuerdo a los *Índices Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa la calidad de aguas como **Muy Crítica (Aguas fuertemente contaminadas)**. Así mismo se tuvo más especies de microinvertebrados como son

Tribonema sp, *Euglena sp 1*, *Microspora sp* y *Hexacylloepus sp* haciendo un total de 14 unidades, y más aún se mejoró en la estación E-3: 1 Km aguas abajo de la población de Anasquizque - Distrito de Yarusyacán, los resultados según los índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa la calidad de aguas por **dudosa (Aguas Contaminadas)**, las especies de microinvertebrados encontrados fueron: *Tribonema sp*, *Euglena sp 1*, *Microspora sp*, *Hexacylloepus sp* y *Frustulia sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 60 unidades.

Lo más sorprendente fue que al término del territorio del distrito de Yarusyacán y en el distrito de Pallanchacra la calidad de aguas está representado según los índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) **por Aceptable (Se evidencia algún tipo de contaminación)**, las especies de microinvertebrados encontrados fueron: *Tribonema sp*, *Euglena sp 1*, *Microspora sp*, *Frustulia sp* y *Navicula sp3* en su totalidad se tiene la cantidad de 98 unidades. Finalmente, en el distrito de Pallanchacra presenta la calidad de agua como **Buena (Aguas muy limpias no hay contaminación)** las especies de microinvertebrados encontrados solo se encuentra predominantes por tres especies como son: *Euglena sp 1*, *Microspora sp* y *Hexacylloepus sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 102 unidades.

Palabras claves: *Biological Monitoring Working Party* (BMWP), microinvertebrados, aguas residuales domésticas, lixiviados del botadero Rumiallana, arrastre de residuos sólidos, distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra.

ABSTRACT

The sub-basin of the Tingo River begins in the city of Cerro de Pasco and then passes through the town center of Tingo Palca, reaching Junipalca, Conoc and later Salcachupan where it is a tributary of the Huallaga River, running a total length of the main river: 36+350 Km. (36.35 Km). Domestic water from domestic activities in part of the city of Cerro de Pasco reaches the Tingo River, affecting its quality. In this same area is the Rumiallana dump, owned by the company Cerro SAC, this dump has the presence of mine clearing. and solid waste disposed of by the population of Cerro de Pasco and towns around this city. From this dump, leachates are generated with the apparent presence of total metals that also reach the Tingo River. Below the mentioned there are towns that generate domestic wastewater that is discharged into the Tingo River without any treatment.

The main objective of the research is to determine the water quality of the Tingo River using the biological index as an indicator, located in the districts of Yanacancha, Yarusyacán and Pallanchacra in the province of Pasco -2022.

Once the investigation is completed, the results show that at the head of the Tingo River basin there are different types of contaminant carryover from domestic wastewater, leachates from the Rumiallana dump and solid waste carryover from the Rumiallana dump, which at the beginning the Tingo River is made up almost 100% of waste from different sources, which means that the water quality according to the Biological Monitoring Working Party (BMWP) indices would be represented as Very Critical (Heavily contaminated waters), since only the species *Phormidium* sp was located with 2 units.

Downstream, the capacity of the Tingo River to purify itself improves the water quality conditions, this is also due to the drop it has as it advances, in this drop it gains an increase in dissolved oxygen and the conditions of the water according to the Biological Monitoring Working Party (BMWP) indices would be represented by Very

Critical (Heavily contaminated waters), the difference is that there were already more species of microinvertebrates such as Tribonema sp, Euglena sp 1, Microspora sp and Hexacylloepus sp in their entirety. of 14 units, this last evaluation was in the district of Yanacancha and even more was improved at station E-3: 1 km downstream of the town of Anasquizque-District of Yarusyacan: gift of the results according to the Biological Monitoring Working Party indices (BMWP) the water quality would be represented as doubtful (Contaminated Waters), the species of microinvertebrate species found were: Tribonema sp, Euglena sp 1, Microspora sp, Hexacylloepus sp and Frustulia sp in total there is a quantity of 60 units.

What was more surprising is that almost at the end of the territory of the Yarusyacan district and in the Pallanchacra district the water quality is represented according to the Biological Monitoring Working Party (BMWP) indices. In the Yarusyacan district the water quality would be represented. water is represented by Acceptable (Some type of contamination is evident), the species of microinvertebrate species found were: Tribonema sp, Euglena sp 1, Microspora sp, Frustulia sp and Navicula sp3 in total there is a quantity of 98 units. And in the district of Pallanchacra the quality of Good water would be represented (Very clean waters, there is no pollution) the species of microinvertebrates found are only predominant by three species such as: Euglena sp 1, Microspora sp and Hexacylloepus sp in their entirety. the quantity of 102 units.

Keywords: Biological Monitoring Working Party (BMWP), microinvertebrates, domestic wastewater, leachate from the Rumiallana dump, solid waste hauling, districts of Yanacancha, Yarusyacán and Pallanchacra.

INTRODUCCIÓN

El agua es considerada como el más vulnerable de los recursos naturales, además de significar un factor limitante para la realización de las diferentes actividades antrópicas de orden cotidiano e industrial. Durante muchos años se han desarrollado varias alternativas para la determinación de la calidad del agua y en gran mayoría están basados en el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos, sin embargo, en los últimos tiempos se ha destacado la cualidad de los organismos que habitan los cuerpos de agua para revelar las condiciones ecológicas cambiantes o estables del recurso, y su relación con la medición de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

En la actualidad los ríos vienen padeciendo numerosas alteraciones como: vertidos de lixiviados de grandes y pequeñas mineras informales, vertidos orgánicos de poblaciones rurales, regulación de caudales para uso agrícola, alteración del bosque de ribera, movimiento de los suelos agrícolas, generando un estado de degradación general ; por ello, la implementación de metodologías, con énfasis en la caracterización de los componentes biológicos en el Perú, deben ser estandarizadas para su aplicación en la gestión del agua ya que es posible que metodologías desarrolladas en otros países se puede aplicar en nuestro País y el objetivo de este trabajo es determinar la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco.

El autor.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general	2
1.3.2. Problemas Específicos	2
1.4. Formulación de objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General:.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos:	3
1.5. Justificación de la investigación.....	3
1.6. Limitaciones de la investigación	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	5
2.1.1. Antecedentes Internacional	5
2.1.2. Antecedente a nivel nacional	7
2.1.3. Antecedentes a nivel local	9
2.2. Bases teóricas - científicas.....	10
2.2.1. ¿Qué es la calidad del agua?	10
2.2.2. Definición de río.....	11
2.2.3. ¿Cuáles son las partes de un río?	11
2.2.4. Formación de un río.....	11
2.2.5. ¿Evaluación de calidad de agua?	12
2.2.6. Índices Biológicos	12
2.2.7. Índice Biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score)	14
2.3. Definición de los términos	15
2.4. Formulación de hipótesis.....	17
2.4.1. Hipótesis General	17
2.4.2. Hipótesis Específicos.....	17
2.5. Identificación de las variables.....	17
2.5.1. Variable dependiente.....	17
2.5.2. Variable independiente	17
2.5.3. Variable interviniente	17
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	18

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	19
3.2. Nivel de la investigación.....	19
3.3. Métodos de investigación.....	19
3.4. Diseño de la investigación.....	20
3.5. Población y muestra.....	20
3.5.1. Población.....	20
3.5.2. Muestra.....	20
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.6.1. Técnicas.....	20
3.6.2. Instrumentos.....	20
3.7. Técnicas de procesamientos y análisis de datos.....	21
3.8. Tratamiento estadístico.....	21
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.....	21

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	22
4.1.1. Actividades de campo en la investigación.....	25
4.1.1.1. Estación de monitoreos.....	25
4.1.2. Actividades de monitoreo y análisis.....	25
4.1.2.1. Elección de zona a monitorear.....	26
4.1.2.2. Toma de información de campo.....	26

4.1.2.3. Recolección de muestras	27
4.1.2.4. Preservado y etiquetado	29
4.1.2.5. Análisis de muestras	29
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	36
4.2.1. Resultados de parámetros físicos.....	36
4.2.2. Resultados de parámetros biológicos	38
4.3. Prueba de hipótesis.....	44
4.4. Discusión de resultados	45
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de invertebrados acuáticos indicadores de tipos de deterioros específicos.....	14
Tabla 2. Clases de calidad y los valores asignados al BMWP.....	15
Tabla 3. Definición operacional de variables e indicadores.....	18
Tabla 4. Ubicación de las estaciones de monitoreo.....	25
Tabla 5. Resultados de los parámetros físicos.....	36
Tabla 6. Tipo de microinvertebrados encontrados en el río Tingo.....	39
Tabla 7. Tipo de microinvertebrados.....	40
Tabla 8. Número de especies encontradas.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del río Tingo	23
Figura 2. Imagen del río Tingo	24
Figura 3. Río Tingo: zona de monitoreo	26
Figura 4. Monitoreo de parámetros físicos en campo.....	27
Figura 5. Río tingo: zona de monitoreo del distrito de Yanacancha.....	27
Figura 6. Río tingo: zona de monitoreo en el distrito Yarusyacán.....	28
Figura 7. Río tingo: zona de monitoreo en el distrito Pallanchacra.....	28
Figura 8. Muestras a ser analizadas	29
Figura 9. Análisis de muestras de densidad absoluta	30
Figura 10. Colocado de muestras en la cámara de Sedgwich Rafter	31
Figura 11. Identificación de especies de microorganismos y animales invertebrados	31
Figura 12. Identificación de especies de microorganismos y animales invertebrados	32
Figura 13. Vista de Phormidium sp	32
Figura 14. Vista de Tribonema sp	33
Figura 15. Vista de Euglena sp 1	33
Figura 16. Vista de Microspora sp.....	34
Figura 17. Vista de Hexacylloepus sp (Larva)	34
Figura 18. Vista de Frustulia sp 1.....	35
Figura 19. Vista de Navicula sp3.....	35
Figura 20. Resultado de pH	36
Figura 21. Resultado de Oxígeno Disuelto.....	37
Figura 22. Presencia de Seres Vivos Invertebrados.....	42

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La calidad de cualquier masa de agua superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos y los procesos biológicos en el medio acuático, pueden alterar la composición física y química del agua. Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares (Decenio del Agua Fuente de Vida, 2015)

La sub cuenca del río Tingo nace en la ciudad de Cerro de Pasco, pasa por el centro poblado de Tingo Palca, llegando a Junipalca, Conoc y posteriormente a Salcachupán donde es efluente del río Huallaga recorriendo en un total de Longitud del río principal: (36.35 Km).

Las aguas domésticas de la ciudad de Cerro de Pasco son vertidas al río Tingo afectando su calidad; en esta misma zona se encuentra el botadero de

Rumiallana de propiedad de la empresa Cerro SAC este botadero tiene presencia de desmonte de mina y residuos sólidos dispuestos por la población de Cerro de Pasco, desde este botadero se genera lixiviados con aparente presencia de metales pesados que llegan de igual forma al río Tingo. Aguas abajo se tienen poblados que generan aguas residuales domésticas que son vertidas al río Tingo sin ningún tratamiento.

Ante lo mencionado fue vital su evaluación en calidad de aguas, para lo cual se utilizó los índices biological Monitoring Working Party (BMWP) ya que es eficiente en la evaluación de calidad de aguas, el mismo que es utilizado actualmente en los países europeos.

1.2. Delimitación de la investigación

La investigación se realizó en la sub cuenca del río Tingo de la jurisdicción de los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la calidad física de aguas del río Tingo ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022?
- ¿Qué tipo de vertimientos se tiene en la sub cuenca del río Tingo ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022?

- ¿Qué tipos de invertebrados se tiene en la sub cuenca del río Tingo ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General:

Determinar la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Determinar la calidad física de aguas del río Tingo ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022.
- Identificar los vertimientos en la sub cuenca del río Tingo ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022?
- Identificar los tipos de invertebrados que se tiene en la sub cuenca del río Tingo ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022.

1.5. Justificación de la investigación

- 1) Justificación teórica:** La investigación genera información valiosa para evaluar la calidad de agua mediante el uso de microorganismos y demostrar que es un parámetro más confiable con el uso de estos seres vivos.
- 2) Justificación Metodológica:** La metodología utilizada fue la toma de muestras de los parámetros físicos y biológicos, luego se ubicó los microorganismos mediante el uso del microscopio.
- 3) Justificación Ambiental:** Con el estudio se determinó si las aguas del Río Tingo cumplen con esta normativa internacional y a la vez se evaluó su calidad de aguas y que tipos de usos podemos darles a estas aguas.

4) Justificación Social: El presente estudio brinda información de la calidad del agua del río Tingo a las poblaciones aledañas a este río, a fin de que estas sean utilizadas en sus actividades agrícolas.

1.6. Limitaciones de la investigación

La limitación es que a la fecha el índice biológico como indicador no es utilizado en el Perú por lo que se tiene muy pocos antecedentes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes Internacional

Duberly Mosquera Restrepo y Enrique Peña (2021) “Evaluación de la calidad del agua de un río tropical usando índices bióticos, fisicoquímicos y de diversidad”. Los ríos andinos en Colombia están fuertemente influenciados por diferentes actividades antrópicas. Los macroinvertebrados han sido utilizados para evaluar la calidad del agua en estos ecosistemas. Este estudio analizó el comportamiento de diferentes índices basados en macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua del tramo medio-bajo del río Jordán en Jamundí (Colombia). Se ubicaron tres estaciones de muestreo: E1 (1173 m.s.n.m.), E2 (1069 m.s.n.m.) y E3 (1019 m.s.n.m.). Se colectaron individuos en grava, bolos y macrófitas (n=15) y se midieron las concentraciones de variables fisicoquímicas y microbiológicas (n=15). Se evaluaron los índices de calidad de agua ICA-NSF y bióticos (BMWP/Univalle, ASPT y EPT) y los índices de Shannon-Weaver, Margalef y Simpson. Se realizó una correlación de Spearman entre las matrices de similitud biótica y ambiental. El ICA-NSF presentó variaciones espacio temporales no significativas entre las estaciones de muestreo, con calidades de agua entre “regular” y “excelente”. Los índices de

diversidad mostraron que la equidad y riqueza son mayores en la estación E1. El BMWP/Univalle evidenció la influencia de las diferentes actividades sobre la subcuenca del río Jordán, clasificando la estación E1 como “Buena”, E2 “Aceptable” y E3 “Dudosa”. Las variables que mejor explicaron el patrón de diversidad fueron las asociadas a la contaminación orgánica (DBO5 y Coliformes totales). Integralmente, los índices muestran que la mejor calidad del agua se presenta en la estación E1 donde la influencia de las actividades antrópicas es menor”.

Balcázar María y Carolina Centeno (2009). “Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores ecológicos en el río Pance. El río Pance, pertenece a la cuenca del río Pance, ubicada en el corregimiento Pance, que se extiende por el Valle geográfico del río Cauca hasta el Parque Nacional de los Farallones donde nace el río por encima de los 3.800 m.s.n.m. El río Pance principal destino turístico de los habitantes de la ciudad de Cali; se calcula que entre 50.000 personas visitan cada fin de semana el río, generando una confluencia de familias que generan un impacto significativo, que si se mira desde el aspecto económico es de carácter positivo, al fomentarse actividades económicas en la zona, pero de carácter negativo desde el punto de vista ambiental. Ante las problemáticas, se plantea la siguiente investigación con el objetivo de evaluar la calidad del agua del río Pance tomando como referencia de impacto las actividades turísticas. Para evaluar la calidad del agua del río Pance se utilizó como métodos de trabajo la observación directa, la implementación del Índice de Evaluación Rápida de Diversidad de Hábitat (IDH), y el uso de indicadores de calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos. Se concluyó a través de la observación directa y de la implementación del IDH, en las diferentes estaciones de muestreo, que con respecto a las condiciones naturales, se clasifica como hábitat en estado natural la zona alta-media, al presentar poca intervención y presencia moderada de turistas; a diferencia de

la obtenida en la zona media-baja, con un estado alterado, resultado de los diversos impactos por procesos erosivos de la construcciones. Con la implementación del índice BMWP /COL, se obtuvo una puntuación que ubica las primeras cuatro estaciones en clase II, con un estado aceptable donde las aguas pueden estar ligeramente contaminadas, a diferencia de la última estación clasificada en clase III, con aguas de calidad dudosa”.

2.1.2. Antecedente a nivel nacional

Coronel Chávez, Santiago (2021) “Evaluación de la calidad del agua a partir de indicadores biológicos del río Chira. La cuenca del río Chira registra una grave contaminación, sobre todo la que colinda con la zona urbana de Sullana, producto del vertimiento de aguas servidas en forma directa sin tratar y del arrojado de residuos sólidos. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar y determinar la calidad del agua del río Chira utilizando como bioindicadores las bacterias (coliformes termotolerantes), peces, plantas y macroinvertebrados acuáticos y algunos parámetros fisicoquímicos, los mismos que fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Agua según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. El análisis microbiológico para determinar los coliformes termotolerantes se hicieron por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (tubo múltiple) y fueron comparados con los ECA. La colecta botánica se realizó sobre el espejo del agua del río Chira y en las riberas en las diferentes zonas de muestreo y solo se colectó las plantas bioindicadoras. Los peces fueron colectados mediante redes, anzuelos y atarraya. Para determinar el estado de la calidad del agua del río Chira se utilizó el Índice de Integridad Biótica (IBI) modificado por Rodríguez – Olarte et al. (2007) del modelo diseñado por Karr (1981) y mejorado por él mismo en 1991 en Valenzuela (2014). La determinación de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el río Chira se realizó con la ayuda de un estereoscopio Labomed y claves taxonómicas como las de Oscoz, Galicia y

Miranda (2009), Domínguez y Fernández (1994) en Lizboa et al. 2018. Para la determinación de la calidad de agua en los puntos de muestreo del río Chira se utilizó el Índice BMWP adaptado en el nPeBMWP – Biological Monitoring Working Party para los ríos del norte del Perú, en Lizboa et al., (2018). Los valores de la temperatura del agua del río Chira oscilaron entre 27,4 a 28,9 °C; de la Conductividad oscilaron entre 373 a 1 167 uS/cm; de los Sólidos Disueltos Totales oscilaron entre 187 y 550 mg/L; de la Unidad Nefelotométrica de Turbidez variaron entre 2,42 y 58,4 UNT; del pH varió entre 7,28 a 4,42. Los valores de temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales y pH cumplen con los ECA para el agua. Los valores de la UNT no cumplen para la Subcategoría A1 de los ECA. Los valores de oxígeno disuelto están dentro de los límites permitidos por el ECA, excepto en la zona del Puente viejo. Las densidades de coliformes termotolerantes fueron mayores (5 700 a 160 000 NMP/100ml) establecido en el ECA, lo cual indica que las aguas no están dentro los parámetros normales del ECA. Las plantas registradas (*Eichhornia crassipes* y otras) en el río Chira indica que las aguas están contaminadas. Así mismo en el análisis de los peces el IBI indica aguas de mala a pésima calidad. Según el estudio de los macroinvertebrados los valores indican que las aguas del río Chira son de regular calidad. Se concluye que en el periodo del estudio, las aguas del río Chira se encuentran contaminadas en distinto grado, planteándose una serie de pautas y recomendaciones, entre ellas se sugiere que se culmine la construcción de la PTAR en este año”.

Carolina Arroyo J y Andrea C. Encalada (2015). “Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. Los efectos de la contaminación en ríos de zonas templadas han sido descritos de manera extensa y desde hace varias décadas, mientras existe escasa información de estos efectos en ríos

neotropicales. Los macroinvertebrados bentónicos son muy utilizados como bioindicadores de la calidad de fuentes de agua, debido a sus características y requerimientos especiales que hacen a estos organismos muy sensibles a diversos impactos. Se realizó un muestreo de macroinvertebrados bentónicos en los ríos Guajalito, Palmeras y Brincador, los cuales cruzan a través del Bosque Protector Río Guajalito, con el fin de estimar la calidad de las aguas de los mismos y de comparar diversos índices biológicos de calidad de aguas (BMWP, IBMWP, BMWP/Col e índice de Sensibilidad). Además se realizó una caracterización física y química para validar la información biológica obtenida. Las familias más representativas fueron Hydropsychidae, Chironomidae y Helicopsychidae. Se encontraron diferencias significativas en la diversidad y riqueza de invertebrados bentónicos entre los diferentes ríos, y además en las puntuaciones de los diferentes índices biológicos de calidad del agua. El análisis de los diferentes parámetros (físico- químico y biológico) en estos ríos sugieren que los ríos Guajalito y Palmeras tienen aguas ligera a moderadamente contaminadas y que el río Brincador tiene un calidad óptima de sus aguas. Además, el presente estudio sugiere que el índice biológico que explica mejor sobre la calidad de las aguas en este bosque montano, es posiblemente el BMWP/Col, debido principalmente a que más del 97% de familias de invertebrados encontradas están presentes en el índice. A futuro, es necesario el desarrollo de un índice de calidad biológica para el Ecuador, donde se cubra todo el rango altitudinal y ecosistémico del país, así como las familias de macroinvertebrados comunes en los cuerpos de agua”.

2.1.3. Antecedentes a nivel local

Baylón Coritoma, Roa Castro, Sánchez Libio, Ugaz Liliana, Enoc Jara Pena, Prada Macedo, Salvatierra Alan y Rubina Abigail (2018) Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco; En el departamento de

Pasco, Perú, la actividad minera constituye la principal actividad económica, generando hace décadas contaminantes ambientales como relaves mineros, aguas ácidas y emisiones provenientes de las minas, plantas concentradoras de metales y fundiciones, impactando negativamente los cuerpos de agua de cabecera de cuenca como lagunas Altoandinas. En el presente estudio se evaluó la calidad del agua de cinco lagunas (Lacsacocha, Yanamate, Quiulacocha, Milpo Andina y Huaroncocha), en base a la abundancia, riqueza y diversidad del fitoplancton. Así mismo, se evaluaron parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad, temperatura y metales pesados. Para la colecta de muestras se realizaron filtrados de 40 l de agua en la orilla, mediante una red de fitoplancton de 10 μm . Los índices bióticos empleados para la evaluación de la calidad del agua fueron la diversidad de Shannon-Wiener (H') y el Índice Diatómico General (IDG). Se registraron 88 taxones distribuidos en siete phyla: Bacillariophyta (28), Charophyta (11), Chlorophyta (30), Cyanobacteria (15), Euglenophyta (2), Ochrophyta (1), Miozoa (1). El phylum más frecuente fue Bacillariophyta (69.16%) seguido de Chlorophyta (24.26%). Los índices bióticos permiten determinar que Yanamate, Lacsacocha, Quiulacocha y Milpo Andina presentaron aguas de mala calidad, mientras que el cuerpo de agua de la laguna Huaroncocha presentó calidad biológica óptima. Palabras clave: fitoplancton, indicadores de calidad, lagunas altoandinas, Pasco”.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. ¿Qué es la calidad del agua?

La calidad del agua es el término que describe las características químicas, físicas y biológicas del agua dependiendo del uso que se le va a dar. Para determinarla, se miden y analizan estos elementos, como, por ejemplo, la temperatura, el contenido mineral disuelto en ella y la cantidad de bacterias que tiene” (AQUAE, 2021).

2.2.2. Definición de río

Un río es una corriente de agua que fluye desde su nacimiento hasta su desembocadura en otro río, lago o en el mar. Un río puede ser más o menos caudaloso dependiendo de las partes del río, y se pueden alimentar de varias formas: Precipitaciones, escorrentía terrestre, manantiales y filtraciones y agua de deshielo en zonas con nieve y en glaciares (Igua, 2020).

2.2.3. ¿Cuáles son las partes de un río?

Se reconoce tres partes en un río:

- a. **Curso superior:** “Es la parte donde nace un río (en general en zonas con relieve), y tiene aspecto de torrente. Es una zona con alta capacidad de erosión y de transporte” (Igua, 2020).
- b. **Curso medio:** “Es la parte del río donde se ensancha y disminuye su pendiente. Se caracteriza por la actividad erosiva, de transporte y de sedimentación” (Igua, 2020).
- c. **Curso inferior:** “En esta zona del río, la pendiente y la velocidad de las aguas se reduce. Se depositan los sedimentos que transporta y al desembocar el río puede dar lugar a un estuario o un delta formado por grandes depósitos aluviales” (Igua, 2020).

2.2.4. Formación de un río

“En zonas de montañas y colinas, las aguas pluviales fluirán y se concentrará el agua en depresiones (al llenarse forman lagos). Después, se forman los primeros cauces que rápidamente erosionarán el terreno por la fuerza de la corriente de agua y los sedimentos recogidos en movimiento. Se forma un río joven o sistema fluvial primario que paulatinamente profundiza el cauce. Posteriormente, cuando el río fluya una zona plana, el cauce irá erosionando los exteriores de las curvas, depositando sedimentos y generando lo que se denomina “lecho de inundación”, hasta la desembocadura” (Igua, 2020).

2.2.5. ¿Evaluación de calidad de agua?

“La calidad de agua, definida como el conjunto de características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua” (Nancy, 2009), “suele estar condicionada por los requisitos de una o más especies bióticas o cualquier necesidad humana o propósito, de forma que, para definir una calidad de agua determinada, es necesario indicar sus usos potenciales” (Johnson et al., 1997).

2.2.6. Índices Biológicos

Los índices biológicos se utilizan en forma complementaria a los análisis físicos y químicos; aunque con su aplicación es imposible identificar los agentes contaminantes existentes, sus ventajas no se limitan al momento de toma de la muestra, puesto que permiten descubrir cambios producidos a lo largo del tiempo, ya que los organismos vivos presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales y tienen unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones, lo que permite tener una cierta visión histórica de los acontecimientos ocurridos en un período, en función de la dinámica de las comunidades biológicas presentes. Entre los índices más comunes para determinar la calidad del agua están los de biodiversidad, que consideran el número de especies (morfoespecies) y el número de individuos por especie; otros índices comunes son los de medida de tolerancia/intolerancia, por ejemplo, el de puntuación BMWP (Biological Monitoring Working Party) y puntuación ASPT (Average Score per Taxon); estas medidas dependen de la asignación de valores de tolerancia/intolerancia de los taxa (familias) e incluyen la riqueza. El índice BMWP se fundamenta en la presencia de familias sensibles o tolerantes a la contaminación del agua; para calcularlo se suman los puntos asignados a cada familia según su tolerancia; las puntuaciones altas significan alta sensibilidad a perturbaciones en la calidad del agua, y bajas, lo contrario. El índice de ASPT (puntuación promedio por taxa) es un índice valioso para la evaluación de la calidad del agua, especialmente cuando hay alta diversidad.

Se calcula dividiendo la puntuación total BMWP por el número de los taxones calificados en la muestra, lo cual expresa el promedio de indicación de calidad del agua que tienen las familias de macroinvertebrados encontradas en un sitio determinado. Un valor bajo de ASPT asociado a una puntuación baja de BMWP indicará condiciones graves de contaminación. Para Colombia no se han establecido los límites del valor ASPT, y la biodiversidad para las diferentes calidades del agua y el BMWP todavía están en experimentación. (María Cecilia Arango¹ Luisa Fernanda Álvarez, 2008).

En condiciones de perturbación mínima, la permanencia, composición y densidad de la biota de una corriente dependerán de los procesos naturales a los que su hábitat está sujeto. Sin embargo, en condiciones altamente perturbadas, tales como las que se originan a causa de acciones humanas, como la contaminación, darán lugar a la degradación del ecosistema la cual se reflejará en los cambios de la biota (Karr, 1999). Para ejemplificar este concepto, en la **Tabla 1** se puede observar la distribución de algunos grupos de macroinvertebrados en ciertas situaciones físicas y químicas (María Cecilia Arango¹ Luisa Fernanda Álvarez, 2008).

El concepto de indicador biológico aplicado a la evaluación de la calidad del agua es definido como: especie que posee requerimientos particulares con relación a uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular. El uso de bioindicadores como herramienta para conocer la calidad del agua simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, su aplicación solo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad justados a intervalos que califican la calidad del agua (Vásquez et al 2006).

La presencia, condición y cantidad de cierto grupo de organismos como los peces, insectos, algas, plantas, u otros de vida acuática puede proporcionar

información precisa sobre la salud de un cuerpo de agua (ríos, arroyos, lagos, humedales, estuarios). Es decir, son las características biológicas que se utilizan para comprender los factores de su ambiente. Especies indicadores son aquellos organismos que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura o tipo del hábitat y de relaciones con otras especies. Los indicadores biológicos o

especies bioindicadores deben ser, en general, abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar, bien estudiadas en su ecología y ciclo biológico, y con poca movilidad (Vásquez et al 2006).

Tabla 1.

Ejemplo de invertebrados acuáticos indicadores de tipos de deterioros específicos

Impacto sobre el ecosistema	Efecto sobre la comunidad de macroinvertebrados.
Enriquecimiento de nutrientes	Incremento en la razón de gusanos acuáticos (Oligochaeta) sobre los insectos acuáticos, de dípteros sobre los insectos acuáticos y de efemerópteros herbívoros y dípteros.
Oxígeno disuelto bajo	Incremento en la razón de gusanos acuáticos (Oligochaeta) sobre los insectos acuáticos y de chironómidos sobre los insectos acuáticos.
Contaminación por metales pesados	Incremento en la razón de gusanos acuáticos (Oligochaeta) sobre los insectos acuáticos, de chironómidos sobre los insectos acuáticos, de depredadores sobre herbívoros y detritívoros y de la abundancia de hemípteros y coleópteros acuáticos.
Sedimentación	Decrecimiento de efemerópteros y chironómidos.
pH bajo	Disminución de caracoles, bivalvos, almejas, dáfnidos, efemerópteros y chironómidos.
Aumento de la temperatura	Reducción de la riqueza de la comunidad de especies.

Fuente: Adamus y Brandt, 1990

2.2.7. Índice Biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score)

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) se instituyó en Inglaterra el año 1970, como un método simple que asigna un puntaje a todos los grupos de macroinvertebrados identificados al nivel de familia, teniendo como requisito datos cualitativos de presencia o ausencia. El puntaje asignado va de 1 a 10 de acuerdo a la tolerancia a la contaminación. Las familias más

sensibles tienen una puntuación de 10 y las menos sensibles de 1 (Juan Jacobo Leaño Sanabria, Deysi Pérez Barriga. 2020).

La ventaja de este índice se basa en la fiabilidad de los resultados, la rapidez y sencillez de su utilización, con ahorro de costes y de tiempo. En la **Tabla 2** se presenta los rangos que determinan las clases de calidad de agua, establecidos para el índice propuesto BMWP/Bol y la representación en colores (Juan Jacobo Leaño Sanabria, Deysi Pérez Barriga. 2020).

Tabla 2.

Clases de calidad y los valores asignados al BMWP

Clase	Calidad	BMWP/Bol	Significado	Color
I	Buena	>120 101-120	Aguas muy limpias. No contaminadas	AZUL
II	Aceptable	61-100	Se evidencia algún efecto de contaminación	VERDE
III	Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	AMARILLO
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	NARANJA
V	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	ROJO

Fuente: MMAyA1, 2012

2.3. Definición de los términos

- a. **Agua:** El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación (Ministerio del Ambiente, 2012).
- b. **Aguas residuales:** Aguas cuyas características han sido modificadas por actividades antropogénicas, requieren de tratamiento previo y pueden ser vertidas a un cuerpo natural de agua o ser reutilizadas (Ministerio del Ambiente, 2012).
- c. **Botadero:** Lugar de acumulación inapropiada de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que

generan riesgos sanitarios o ambientales. Carecen de autorización sanitaria (Ministerio del Ambiente, 2012).

- d. **Calidad Ambiental:** Condición de equilibrio natural que describe el conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico. La calidad ambiental se puede ver impactada, positiva o negativamente, por la acción humana; poniéndose en riesgo la integridad del ambiente así como la salud de las personas (Ministerio del Ambiente, 2012).
- e. **Contaminación Ambiental:** Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente” (Ministerio del Ambiente, 2012).
- f. **Efluente:** Descarga directa de aguas residuales que son descargadas al ambiente, cuya concentración de sustancias contaminantes es medida a través de los Límites Máximos Permisibles (LMP)” (Ministerio del Ambiente, 2012).
- g. **Fuentes de contaminación:** Es el lugar de donde un contaminante es liberado al ambiente. Las fuentes de contaminación pueden ser fuentes puntuales o fijas, así como fuentes dispersas o de área y también fuentes móviles” (Ministerio del Ambiente, 2012).
- h. **Impacto Ambiental:** Alteración, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocada por la acción de un proyecto. El “impacto” es la diferencia entre qué habría pasado con la acción y que habría pasado sin ésta (Ministerio del Ambiente, 2012).
- i. **Índice biológico:** Indica resultados del monitoreo biológico.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco se encuentran como aguas aceptables, Dudosa, Crítica y Muy Crítica.

2.4.2. Hipótesis Específicos

- La calidad física de aguas del río Tingo ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco, cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental.
- Los vertimientos en la sub cuenca del río Tingo ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco son vertimientos domésticos, recreativos y de actividades de piscicultura.
- Los nemátodos son invertebrados que se encuentran en la sub cuenca del río Tingo, ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable dependiente

- Calidad de Agua del río Tingo

2.5.2. Variable independiente

- Índice biológico

2.5.3. Variable interviniente

- Caudal.
- Condiciones climáticas.
- Vertimientos.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 3.

Definición operacional de variables e indicadores.

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES E INDICADORES	INDICADORES
<p>Variable Dependiente</p> <p>Calidad de Agua del río Tingo</p>	<p>Calidad de Agua: AQUAE, 2021 “</p> <p>“La calidad del agua es el término que describe las características químicas, físicas y biológicas del agua dependiendo del uso que se le va a dar. Para determinarla, se miden y analizan estos elementos, como, por ejemplo, la temperatura, el contenido mineral disuelto en ella y la cantidad de bacterias que tiene”.</p>	<p>Dimensiones Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La calidad de agua del río Tingo es variable, aguas arriba aparentemente es de mala calidad y aguas abajo de buena calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros físicos, en cumplimiento el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM
<p>Variable Independiente</p> <p>Índice biológico</p>	<p>Índice biológico (María Cecilia Arango1 Luisa Fernanda Álvarez, 2008).</p> <p>“Los índices biológicos se utilizan en forma complementaria a los análisis físicos y químicos; aunque con su aplicación es imposible identificar los agentes contaminantes existentes, sus ventajas no se limitan al momento de toma de la muestra, puesto que permiten descubrir cambios producidos a lo largo del tiempo, ya que los organismos vivos presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales y tienen unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones, lo que permite tener una cierta visión histórica de los acontecimientos ocurridos en un período, en función de la dinámica de las comunidades biológicas presentes”.</p>	<p>Dimensiones Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ El índice biológico representa el uso de seres vivos lo cual mediante estas se puede determinar si el agua es de buena calidad o mala. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros Clases de calidad y los valores asignados al BMWP

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

MÉTODOLÓGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Nuestra presente investigación es de tipo descriptiva explicativa y cuantitativa porque la información obtenida se utilizó inmediatamente en el análisis para determinar los organismos vivos que indican la calidad del agua y la aplicación de las aguas del río Tingo.

3.2. Nivel de la investigación

El nivel de investigación es descriptivo analítico, ya que describe y se analiza la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco.

3.3. Métodos de investigación

➤ Ubicación de la Zona de Estudio

- a. Ubicación del área de la zona de estudio
- b. Identificación de los puntos de monitoreo

➤ Evaluación de normativas

- a. Evaluación de los estándares de calidad ambiental en bases al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
- b. Índice Biológico según BMWP

3.4. Diseño de la investigación

El estudio de investigación es descriptivo correlacional, porque se relaciona las variables (físicas y biológicas) de las muestras de agua y se determina la contaminación del río Tingo.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población está comprendida por la totalidad del río Tingo que tiene una longitud de 36.35 Km que recorre los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra.

3.5.2. Muestra

Las muestras están comprendidas por 6 puntos de monitoreo, donde se tomaron las muestras biológicas y físicas.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Identificación de puntos de monitoreo, identificación y georreferenciación de los 6 puntos de monitoreo.

- **Monitoreo y Análisis:** Se realizó el monitoreo cumpliendo el protocolo de monitoreo en base a lo que detalla la Autoridad Nacional del Agua y el análisis se realizó en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la UNDAC.

3.6.2. Instrumentos

- Botas de jebe
- Guantes de látex.
- Fichas de campo
- Dispositivo fotográfico
- GPS
- Instrumentos de monitoreo
- Multiparámetro
- Frascos de plástico

3.7. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

- Clasificación de información
- Tabulación.
- Análisis e interpretación.

3.8. Tratamiento estadístico

Para el tratamiento estadístico se usó el programa Excel.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La presente información fue elaborada en cumplimiento de los reglamentos de grados y títulos de la facultad de Ingeniería de la UNDAC para lo cual la información se generó respetando la información de autores mencionados y en otra parte de mi autoría.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

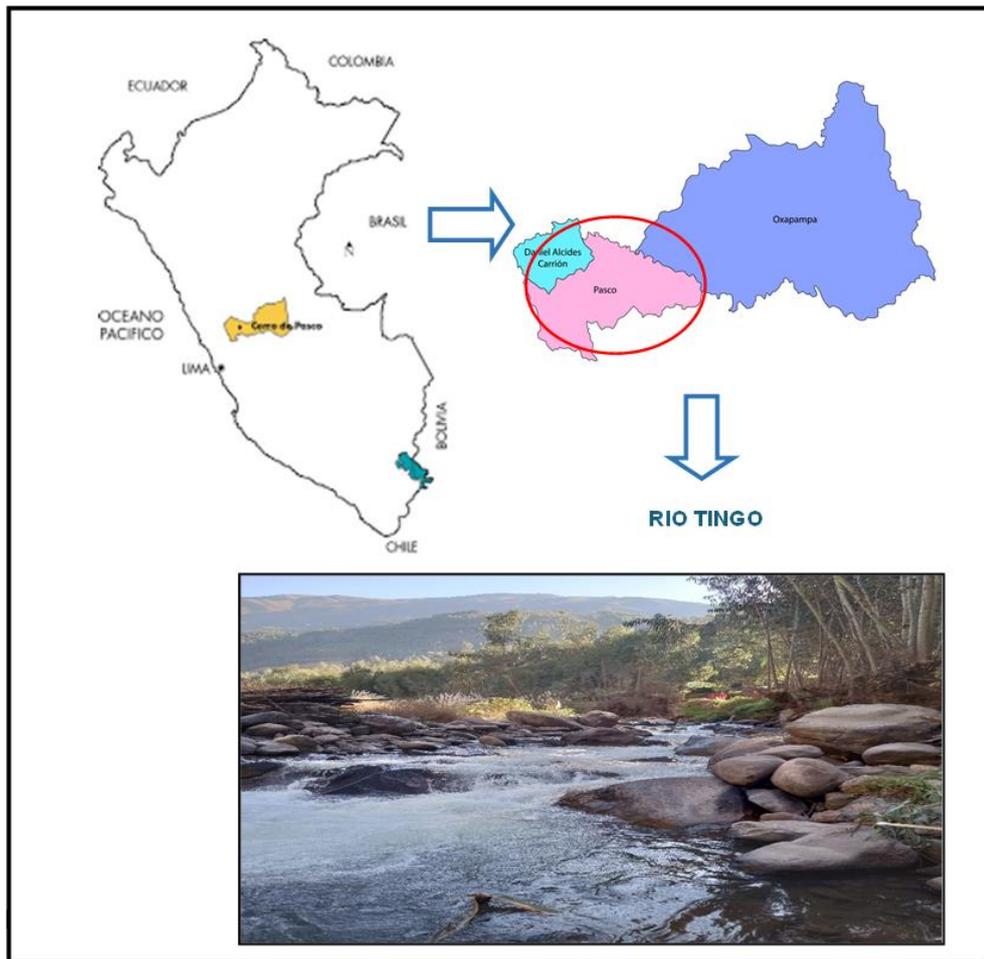
4.1. Descripción del trabajo de campo

La investigación se realizó en el río Tingo utilizando el índice biológico como indicador ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco, que tienen una distancia de 36.35 Km Iniciando en la zona denominada Rumiallana en el distrito de Yanacancha y aguas abajo recorre por las poblaciones de Anasquisque, Junipalca, Chacra Colorada estas perteneciente al distrito de Yarusyacán y finalmente pasa por la población de Pallanchacra, llegando y siendo un efluente del río de Huallaga en la población denominado Salcachupán.

Desde la ciudad de Lima se traslada por la carretera central llegando a la ciudad de Cerro de Pasco, posteriormente se llega al botadero minero de Rumiallana, que pertenece al distrito de Yanacancha donde en la zona norte de este botadero se inicia el río Tingo, tal como se puede apreciar en el siguiente mapa.

Figura 1.

Ubicación del río Tingo



De acuerdo a la resolución administrativa N° 042-2022-CTARP-DRA/ATDRP donde se detalla la delimitación de la faja marginal del río Tingo, entre las progresivas 0+000 Km. (desembocadura del río Salcachupán) y 7+480 Km. con un ancho de 6 m. en ambas márgenes. Entre las progresivas 7+480 Km. al 26+200 Km. con un ancho de 3 m. en ambas márgenes y entre las progresivas 26+200 Km. al 36+350 Km. con un ancho de 2 m. con los hitos detallados bajo coordenadas UTM en el anexo "A" de la presente resolución, ubicado en el distrito de Yanacancha, Provincia de Pasco, Departamento de Pasco, Jurisdicción del Distrito de Cerro de Pasco, para más detalle de la información mencionada se adjunta en el Anexo N° 01 la resolución

administrativa N° 042-2022-CTARP-DRA/ATDRP, asimismo se evidencia el trayecto del río Tingo en el Mapa 2.

En el campo se pudo observar que al inicio del río Tingo se tiene el botadero Rumiallana y aguas abajo de este botadero se observa lixiviados que desembocan en el río Tingo, asimismo aguas abajo de este botadero se evidencia la alimentación de aguas residuales domésticas de la población de Yanacancha y en el trayecto del río Tingo se observa tuberías directas de viviendas y de las alcantarillas de aguas residuales domésticas de las poblaciones de Tingo Palca, Anasquisque, Junipalca, Chacra Colorada, Pallanchacra.

Figura 2.

Imagen del río Tingo



Fuente: Google Earth

4.1.1. Actividades de campo en la investigación

4.1.1.1. Estación de monitoreos

Para la evaluación de la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador se determinó seis puntos de monitoreo. Por cada distrito dos puntos de monitoreo, a continuación, se detalla las coordenadas geográficas realizado en el trayecto del río Tingo.

Tabla 4.

Ubicación de las estaciones de monitoreo

N°	Estación de evaluación	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS-84	
			NORTE	ESTE
1.-	E-1	A 100 metros del inicio del río Tingo-Distrito de Yanacancha	8822533.61	361719.00
2.-	E-2	100 m aguas debajo de la población de Tingo Palca-Distrito de Yanacancha	8831593.00	360776.00
3.-	E-3	1 Km aguas debajo de la población de Anasquizque-Distrito de Yarusyacan	8834418.40	364153.66
4.-	E-4	A 400 m aguas abajo de la población de Junipalca-Distrito de Yarusyacan	8842817.26	366709.54
5.-	E-5	300 metros aguas arriba de la población de Pallachacra-Distrito de Pallanchacra	8847560.97	364649.48
6.-	E-6	500 metros aguas arriba de la población de Salcachupan-Distrito de Pallanchacra	8851187.14	366814.83

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Actividades de monitoreo y análisis

El 03 de Agosto del 2023 se realizó el monitoreo en campo en los puntos de monitoreo mencionado en la **Tabla 4.**

4.1.2.1. Elección de zona a monitorear

Los puntos de monitoreo se eligieron en las zonas menos caudalosas y estables de caudal de agua, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen:

Figura 3.

Río Tingo: zona de monitoreo



4.1.2.2. Toma de información de campo

Para mejor interpretación de la evaluación de la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico, se realizó la medición de los parámetros físicos, tal como se aprecia en la imagen.

Figura 4.

Monitoreo de parámetros físicos en campo



4.1.2.3. Recolección de muestras

En este procedimiento se accedió a los sustratos estable (Rocas sumergibles en el agua) y se procedió con la toma de muestra que consistió en el raspado y cepillado de las rocas con delicadeza y estos restos se fue recopilando en el envase de plástico de 500 ml, tal como se aprecia en la imagen.

Figura 5.

Río tingo: zona de monitoreo del distrito de Yanacancha



Figura 6.

Río tingo: zona de monitoreo en el distrito Yarusyacán



Figura 7.

Río tingo: zona de monitoreo en el distrito Pallanchacra



4.1.2.4. Preservado y etiquetado

Posterior a la toma de muestras se procedió a rotular y etiquetado para ser trasladado al laboratorio de ingeniería ambiental de la UNDAC, para el análisis respectivo de las muestras. El análisis se realizó el mismo día de la toma de muestras para obtener los resultados confiables.

4.1.2.5. Análisis de muestras

En este proceso se realizó la identificación de microorganismos de acuerdo como lo detalla la Guía de métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas, realizado en el laboratorio de la UNDAC utilizando microscopio compuesto.

Figura 8.

Muestras a ser analizadas



Como se mencionó en el párrafo anterior para el análisis se realizó el siguiente procedimiento cuantitativo:

- 1) El análisis consistió en el método de análisis expresado en densidad absoluta, donde se realiza el número de individuos/unidad de superficie, para ello se utilizó la cámara Sedgwich Rafter donde son láminas de 3 cm x 3cm, tal como se puede observar en la siguiente imagen para el inicio de la evaluación:

Figura 9.

Análisis de muestras de densidad absoluta



- 2) En la cámara Sedgwich Rafter se colocó 1ml de muestra de agua y esta se observó en el microscopio utilizando el objetivo de 10X donde pudo observar especies de microorganismos y animales invertebrados.

Figura 10.

Colocado de muestras en la cámara de Sedgwich Rafter



Figura 11.

Identificación de especies de microorganismos y animales invertebrados



Figura 12.

Identificación de especies de microorganismos y animales invertebrados



- 3) Asimismo, se muestra a continuación los microorganismos y animales invertebrados encontrados en el análisis realizado en el laboratorio de ingeniería ambiental.

Figura 13.

Vista de Phormidium sp

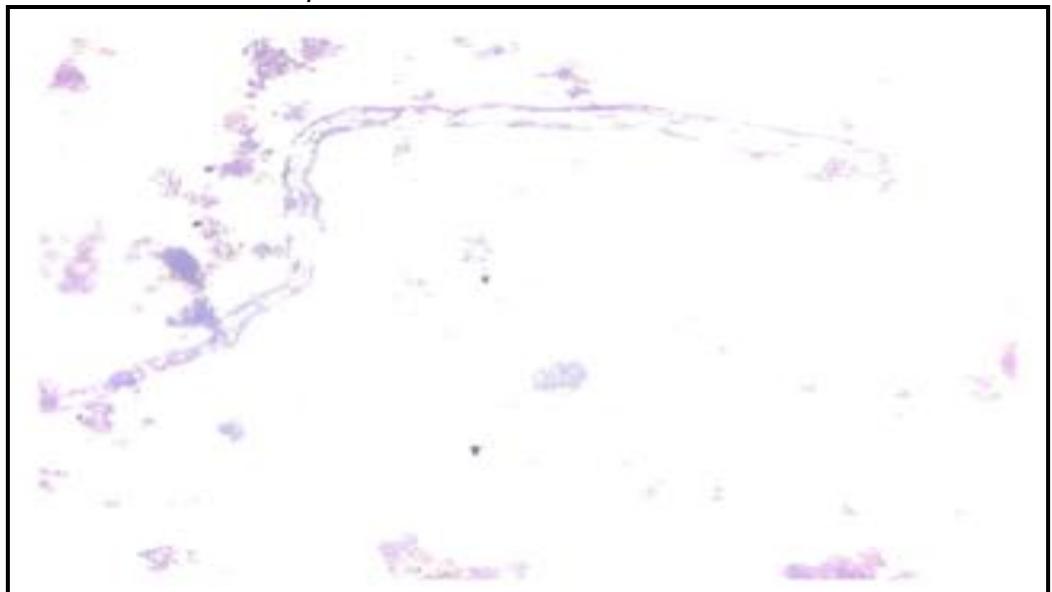


Figura 14.

Vista de *Tribonema* sp

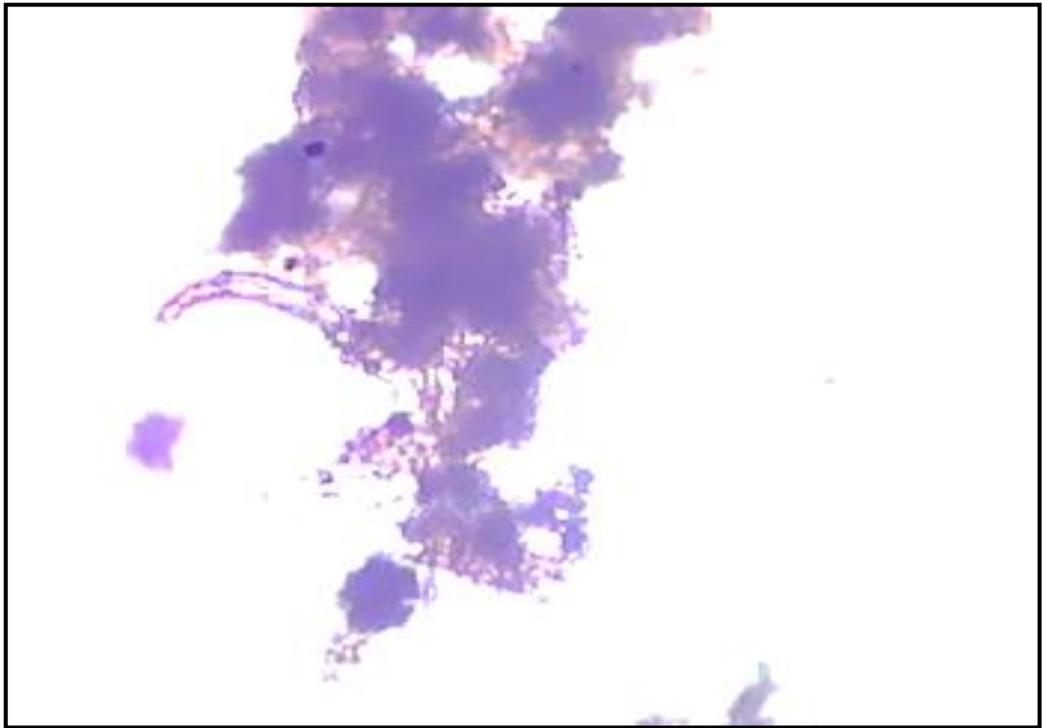


Figura 15.

Vista de *Euglena* sp 1



Figura 16.

Vista de *Microspora* sp

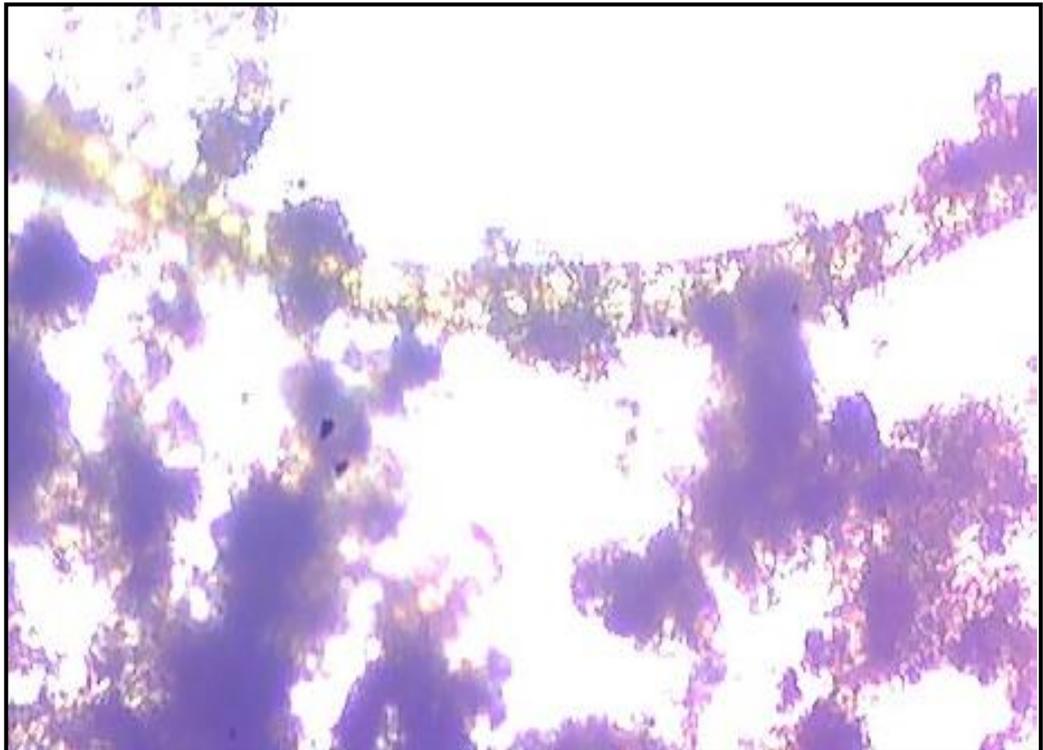


Figura 17.

Vista de *Hexacylloepus* sp (Larva)

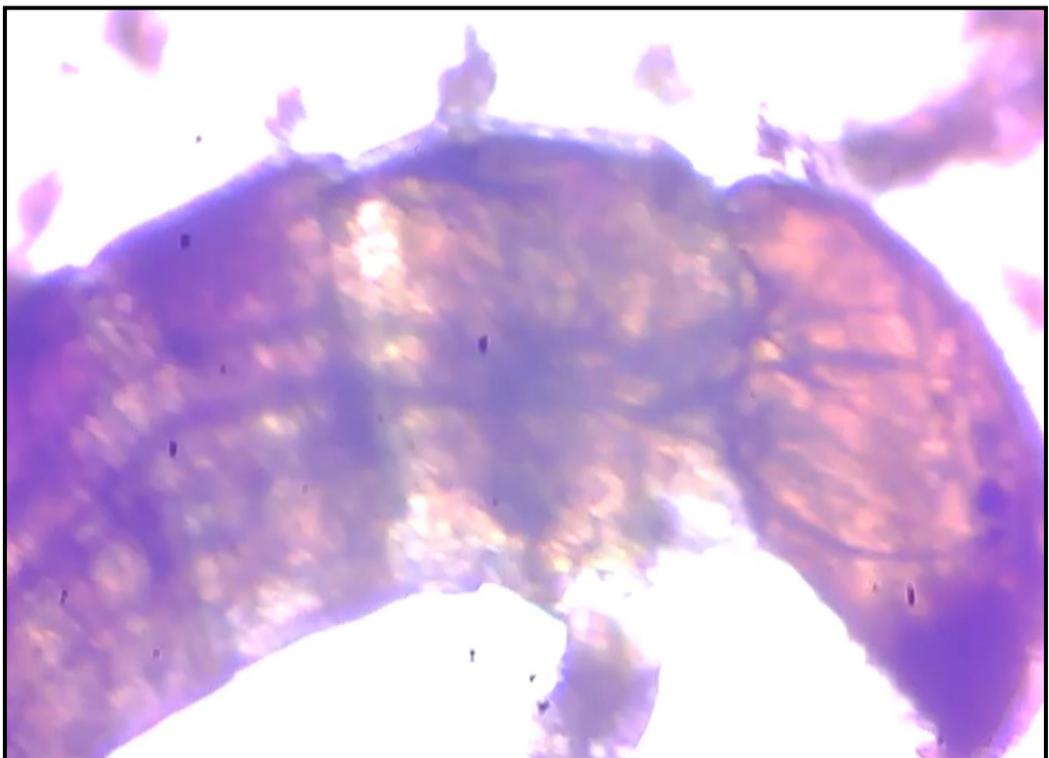


Figura 18.

Vista de *Frustulia* sp 1

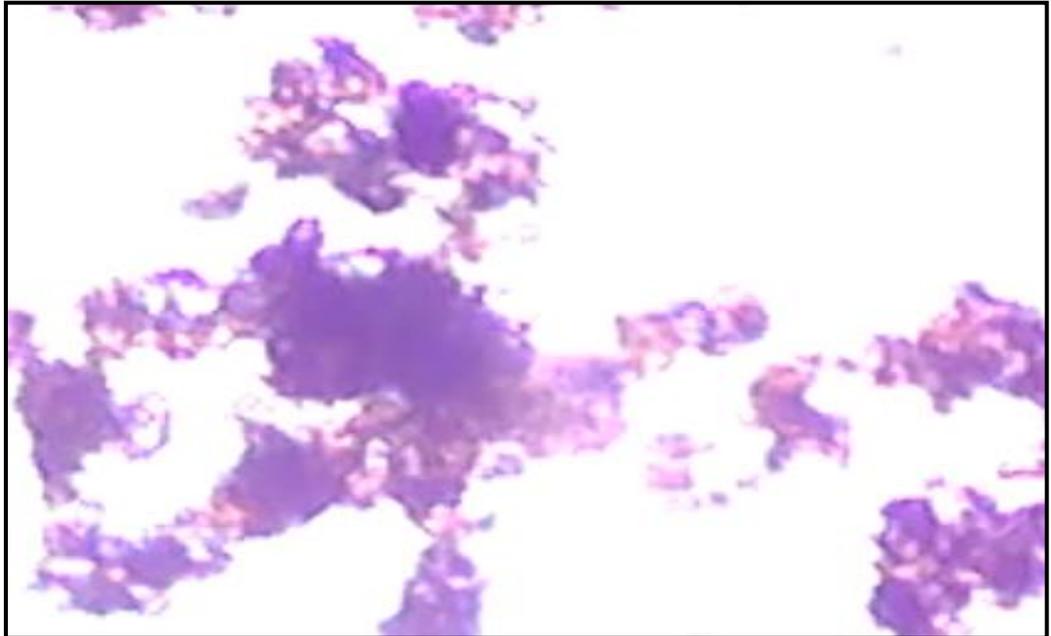
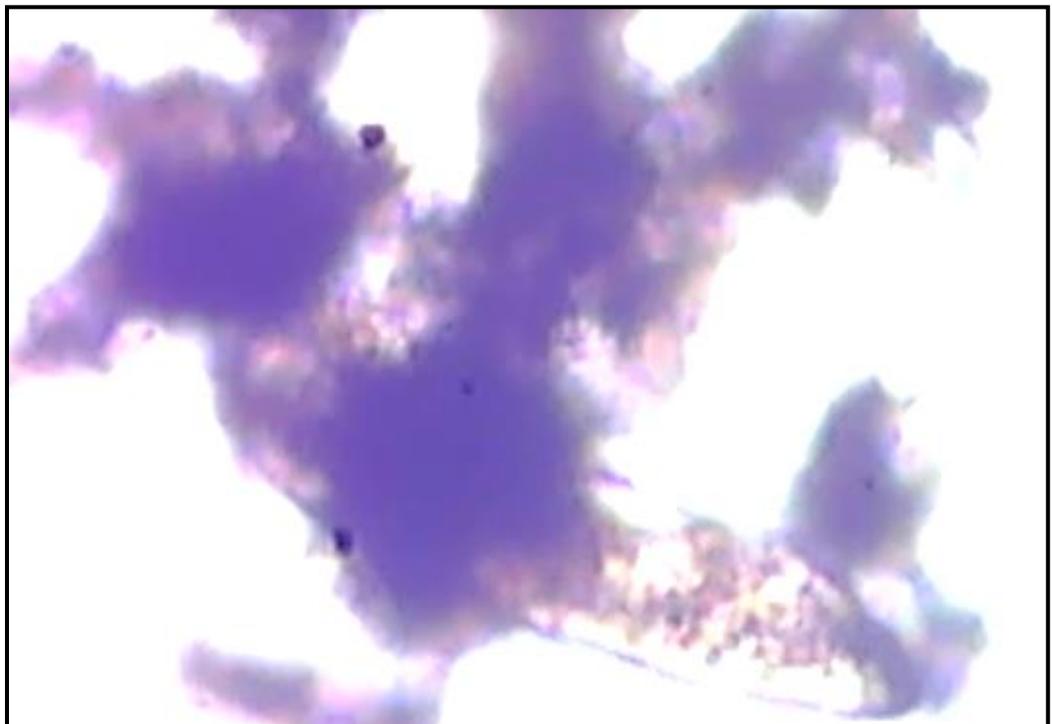


Figura 19.

Vista de *Navicula* sp3



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1. Resultados de parámetros físicos

A continuación, se presenta los resultados físicos

Tabla 5.

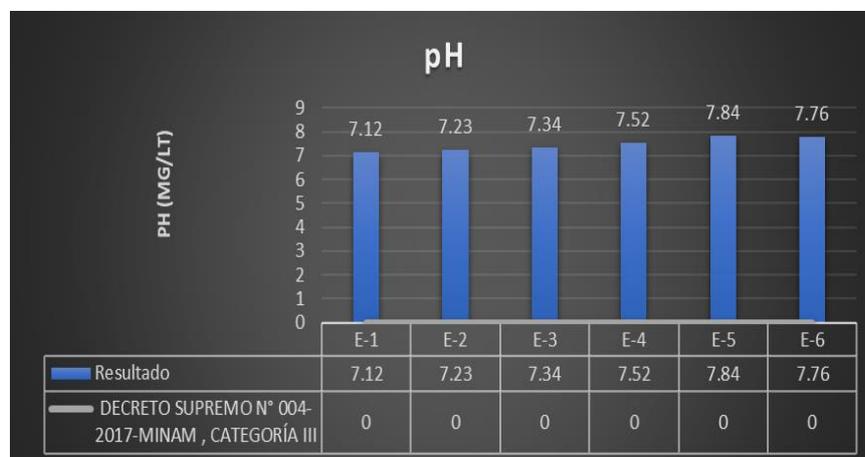
Resultados de los parámetros físicos

N°	Estación de evaluación	Descripción	pH	OD (mg/lit)
1.-	E-1	A 100 metros del inicio del río Tingo-Distrito de Yanacancha	7.12	1.23
2.-	E-2	100 m aguas debajo de la población de Tingo Palca-Distrito de Yanacancha	7.23	2.98
3.-	E-3	1 Km aguas debajo de la población de Anasquizque-Distrito de Yarusyacan	7.34	5.23
4.-	E-4	A 400 m aguas abajo de la población de Junipalca-Distrito de Yarusyacan	7.52	7.14
5.-	E-5	300 metros aguas arriba de la población de Pallachacra-Distrito de Pallachacra	7.84	8.16
6.-	E-6	500 metros aguas arriba de la población de Salcachupan-Distrito de Pallachacra	7.76	12.5

Fuente: Trabajo de campo de la investigación

Figura 20.

Resultado de pH



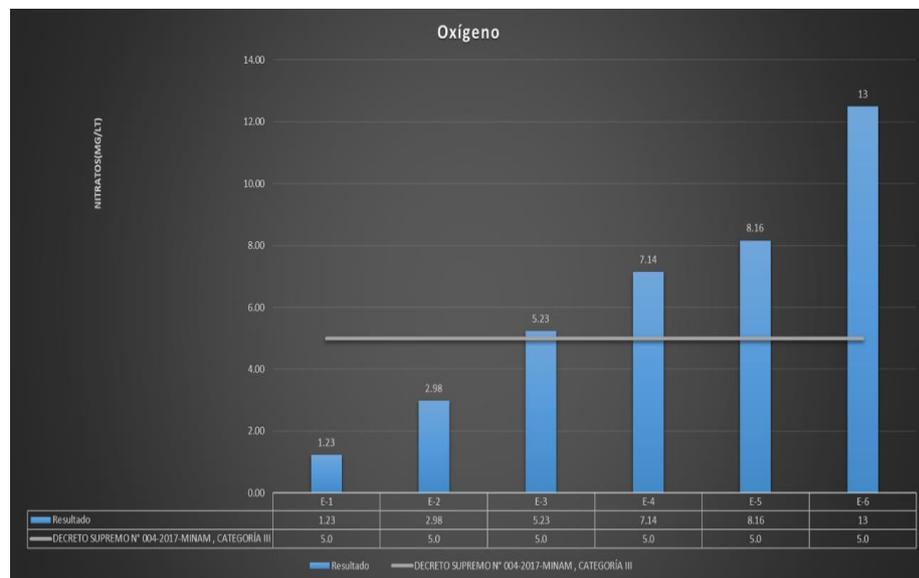
Fuente: Trabajo de campo de la investigación

➤ **Interpretación**

Para la evaluación de la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco se evaluó el parámetro pH en las seis estaciones de monitoreo con ello se comparó con el D.S. N° 004-2017-MINAM de los “Estándares de Calidad Ambiental para Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales)”, el pH es de 6.0 – 9.0, evaluando en las seis estaciones cumple con las ECA-Agua, pero algo importante el pH va subiendo con respecto el agua se va alejando de la desmontera Rumiallana tal como se puede apreciar en la tabla 4 y grafico 1; en la estación 1 el pH es de 7.12 y en la estación 5 y 6 el pH es de 7.84 y 7.76 respectivamente.

Figura 21.

Resultado de Oxígeno Disuelto



Fuente: Trabajo de campo de la investigación

➤ **Interpretación**

Para la evaluación de la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco se evaluó el parámetro oxígeno disuelto (OD) en las seis estaciones de monitoreo con ello se comparó con el D.S. N° 004-2017-MINAM- 3 de los “*Estándares de Calidad Ambiental para Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales)*”, el oxígeno disuelto el ECA permitido es mayor a 5 mg/lit, evaluando en las estaciones 1 y 2 se tiene 1.23 mg/lit y 2.98 mg/lit esto se debe al excesivo carga de materia orgánica y por lo tanto mayor consumo orgánico, pero en las estaciones 3, 4, 5 y 6 el oxígeno disuelto se cumple con los ECA para agua teniendo resultados de 5.23mg/lit, 7.14 mg/lit, 8.16 mg/lit y 13 mg/lit respectivamente tal como se puede apreciar en la tabla 4 y grafico 2.

4.2.2. Resultados de parámetros biológicos

Para la evaluación biológica de la calidad de agua del río Tingo se utilizó los microinvertebrados como bioindicadores de calidad de aguas de los cuales se puedo identificar las siguientes especies:

Tabla 6.*Tipo de microinvertebrados encontrados en el río Tingo*

Tipo o filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Phormidium	<i>Phormidium sp</i>
Ochrophyta	Xanthophyceae	Tribonematales	Tribonemataceae	Tribonema	<i>Tribonema sp</i>
Euglenozoa	Euglenoidea	Euglenales	Euglenaceae	Euglenozoa	<i>Euglena sp</i> ₁
Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Xylariaceae	Pestalotiopsis	<i>Microspora sp</i>
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Hexacylloepus	<i>Hexacylloepus sp (Larva)</i>
Gyrista	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	Frustulia	<i>Frustulia sp</i> ₁
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Latridiidae	Dienerella	<i>Navicula sp3</i>

Fuente: Trabajo de laboratorio de la investigación

En la siguiente tabla se evidencia la presencia o no de los microinvertebrados de acuerdo a la estación de monitoreo

Tabla 7.

Tipo de microinvertebrados.

Especie	E-1 A 100 metros del inicio del río Tingo-Distrito de Yanacancha	E-2 100 m aguas debajo de la población de Tingo Palca-Distrito de Yanacancha	E-3 1 Km aguas debajo de la población de Anasquizque-Distrito de Yarusyacan	E-4 A 400 m aguas abajo de la población de Junipalca-Distrito de Yarusyaca n	E-5 300 metros aguas arriba de la población de Pallachacra-Distrito de Pallanchacra	E-6 500 metros aguas arriba de la población de Salcachupán-Distrito de Pallanchacra
<i>Phormidium sp</i>	X					
<i>Tribonema sp</i>		X	X	X		
<i>Euglena sp</i> ₁		X	X	X	X	X
<i>Microspora sp</i>		X	X	X	X	X
<i>Hexacylloepus sp (Larva)</i>		X	X		X	X
<i>Frustulia sp</i> ₁			X	X		
<i>Navicula sp</i> ₃				X		

Fuente: Trabajo de laboratorio de la investigación

A continuación, se detalla el número de especies encontradas en las estaciones de monitoreo

Tabla 8.

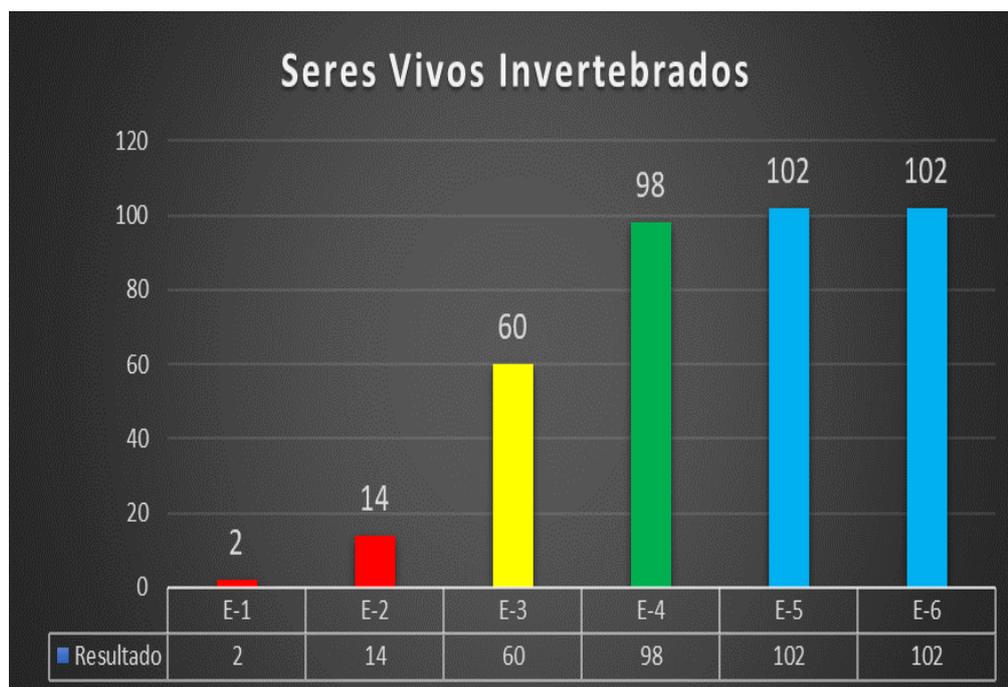
Número de especies encontradas.

Especie	E-1 A 100 metros del inicio del río Tingo-Distrito de Yanacancha	E-2 100 m aguas debajo de la población de Tingo Palca-Distrito de Yanacancha	E-3 1 Km aguas debajo de la población de Anasquizque-Distrito de Yarusyacan	E-4 A 400 m aguas abajo de la población de Junipalca-Distrito de Yarusyacan	E-5 300 metros aguas arriba de la población de Pallachaca-Distrito de Pallachaca	E-6 500 metros aguas arriba de la población de Salcachupan-Distrito de Pallachaca
<i>Phormidium</i> sp	2					
<i>Tribonema</i> sp		4	34	46		
<i>Euglena</i> sp ₁		6	8	12	14	4
<i>Microspora</i> sp		2	4	28	74	10
<i>Hexacyllopus</i> sp (Larva)		2	4		14	88
<i>Frustulia</i> sp 1			6	6		
<i>Navicula</i> sp3				4		
TOTAL	2	14	60	98	102	102
Calidad de agua	Muy Crítica (Aguas fuertemente contaminadas)	Muy Crítica (Aguas fuertemente contaminadas)	Dudosa (Aguas Contaminadas)	Aceptable (Se evidencia algún tipo de contaminación)	Buena (Aguas muy limpias no hay contaminación)	Buena (Aguas muy limpias no hay contaminación)

Fuente: Trabajo de laboratorio de la investigación

Figura 22.

Presencia de Seres Vivos Invertebrados



Fuente: Trabajo de campo de la investigación

➤ **Interpretación**

Utilizando los índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) Para la evaluación de la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco se evaluó los seres microinvertebrados en las seis estaciones de monitoreo.

- a. **En la estación E-1: A 100 metros del inicio del río Tingo-Distrito de Yanacancha:** Es el inicio del río Tingo donde en esta zona evidencia el vertimiento casi al 100% de aguas residuales, asimismo se evidencia lixiviados del botadero Rumiallana de propiedad de Cerro SAC lo cual los resultados según los *índices Biological Monitoring Working Party (BMWP)* ésta representa por **Muy Crítica (Aguas fuertemente contaminadas)**, ya que solo se ubicó la especie *Phormidium sp* con 2 unidades.

- b. En la estación E-2: A 100 m aguas debajo de la población de Tingo Palca-Distrito de Yanacancha:** En esta zona se evidencia el incremento de aguas residuales domésticas por parte de la población de Tingo Palca al río Tingo, asimismo se evidencia que el río mantiene las condiciones iniciales de la estación de monitoreo E-1, lo cual los resultados según los índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa por **Muy Crítica (Aguas fuertemente contaminadas)**, la diferencia que ya se tuvo más especies de microinvertebrados como son *Tribonema sp*, *Euglena sp 1*, *Microspora sp* y *Hexacylloepus sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 14 unidades.
- c. En la estación E-3: 1 Km aguas debajo de la población de Anasquizque-Distrito de Yarusyacán:** En el distrito de Yarusyacán las condiciones del agua del río Tingo se va mejorando logrando su autodepuración, lo cual los resultados según los índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa la calidad de agua **por** dudosa (Aguas Contaminadas), las especies de especies de microinvertebrados encontrados fueron: *Tribonema sp*, *Euglena sp 1*, *Microspora sp*, *Hexacylloepus sp* y *Frustulia sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 60 unidades.
- d. En la estación E-4: 1 A 400 m aguas abajo de la población de Junipalca-Distrito de Yarusyacán:** En el distrito de Yarusyacán las condiciones del agua del río Tingo pasando el poblado de Junipalca mejora la calidad del agua, lo cual los resultados según los índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa la calidad de agua **Aceptable (Se evidencia algún tipo de contaminación)**, las especies de microinvertebrados encontrados fueron: *Tribonema sp*, *Euglena sp 1*, *Microspora sp*, *Frustulia sp* y *Navicula sp3* en su totalidad se tiene la cantidad de 98 unidades.

- e. **En la estación E-5: 300 metros aguas arriba de la población de Pallachacra-Distrito de Pallanchacra:** Con la autodepuración, la calidad del agua del río Tingo mejora notoriamente, lo cual los resultados según los índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa como calidad de aguas **Buena (Aguas muy limpias no hay contaminación)** las especies de microinvertebrados encontrados son tres especies como son: *Euglena sp 1*, *Microspora sp* y *Hexacylloepus sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 102 unidades.
- f. **En la estación E-6: 500 metros aguas arriba de la población de Salcachupan-Distrito de Pallanchacra:** En esta estación se mantiene los resultados de la estación E-5, lo cual los resultados según los índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa la calidad de agua **Buena (Aguas muy limpias no hay contaminación)** las especies de microinvertebrados encontrados son: *Euglena sp 1*, *Microspora sp* y *Hexacylloepus sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 102 unidades.

4.3. Prueba de hipótesis

Nuestra hipótesis inicial de nuestra investigación fue: La calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco se encuentran como aguas aceptables, Dudosa, Crítica y Muy Crítica.

Teniendo los resultados físico y biológico usando los índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) nuestra prueba de hipótesis es válida ya que las aguas del río Tingo en la jurisdicción de los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco se encuentran como aguas aceptables, Dudosa, Crítica y Muy Crítica. De igual forma con respecto a la calidad física de aguas del río Tingo ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco cumplen con los

Estándares de Calidad Ambiental, por otro lado también se identificó que los vertimientos en la cuenca del río Tingo ubicados en los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco son vertimientos domésticos, recreativos y de actividades pisciculturales.

4.4. Discusión de resultados

De la evaluación realizada de la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco -2022, se discute lo siguiente:

- En la cabecera de la cuenca del río Tingo se evidencia diferentes tipos de arrastre de contaminantes desde aguas residuales domésticas, lixiviados del botadero Rumiallana y arrastre de residuos sólidos del botadero Rumiallana, lo cual hace que la calidad de agua de acuerdo a los *índices Biological Monitoring Working Party (BMWP)* representa por **Muy Crítica (Aguas fuertemente contaminadas)**, ya que solo se ubicó la especie *Phormidium sp* con 2 unidades.
- Aguas abajo la capacidad del río Tingo de auto depurarse mejora las condiciones de calidad de agua, esto también es por la caída que tiene a medida que va avanzando, en esta caída va ganando incremento de oxígeno disuelto y las condiciones del agua de acuerdo a los *índices Biological Monitoring Working Party (BMWP)* representa por **Muy Crítica (Aguas fuertemente contaminadas)**, la diferencia que ya se tuvo más especies de microinvertebrados como son *Tribonema sp*, *Euglena sp 1*, *Microspora sp* y *Hexacylloepus sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 14 unidades y en el distrito de Yanacancha en la estación E-3: 1 Km aguas debajo de la población de Anasquizque-Distrito de Yarusyacan: donde los resultados según los índices *Biological Monitoring Working Party (BMWP)* representa

la calidad de agua **por dudosa (Aguas Contaminadas)**, las especies de microinvertebrados encontrados fueron: *Tribonema sp*, *Euglena sp 1*, *Microspora sp*, *Hexacylloepus sp* y *Frustulia sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 60 unidades.

- Lo más sorprendente fue que casi al término del territorio del distrito de Yarusyacán y en el distrito de Pallanchacra la calidad de agua representa según los índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa **por Aceptable (Se evidencia algún tipo de contaminación)**, las especies de microinvertebrados encontrados fueron: *Tribonema sp*, *Euglena sp 1*, *Microspora sp*, *Frustulia sp* y *Navicula sp3* en su totalidad se tiene la cantidad de 98 unidades.
- Por último en el distrito de Pallanchacra la calidad de agua representa por **Buena (Aguas muy limpias no hay contaminación)** las especies de microinvertebrados encontrados solo se encuentra predominantes por tres especies como son: *Euglena sp 1*, *Microspora sp* y *Hexacylloepus sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 102 unidades.

CONCLUSIONES

1. La investigación realizada denominada "Evaluación de la calidad de aguas del río Tingo utilizando el índice biológico como indicador, ubicados distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra de la provincia de Pasco", nos demuestra que los ríos tienen la capacidad de auto depurarse a medida que sus aguas recorren, pero estas se auto depuran al no recibir adicionalmente contaminantes aguas abajo, tal como se pudo constatar en nuestra investigación donde casi el 100% de los contaminantes recibidos es en la cabecera de cuenca del río Tingo.
2. En la cabecera de la cuenca del río Tingo se evidencia diferentes tipos de arrastre de contaminantes como aguas residuales domésticas y lixiviados del botadero Rumiallana, lo cual hace que la calidad de agua de acuerdo a los *Índices Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa por **Muy Crítica (Aguas fuertemente contaminadas)**, ya que solo se ubicó la especie *Phormidium sp* con 2 unidades.
3. Aguas abajo la capacidad del río Tingo mejora las condiciones de calidad de agua, esto también es por el recorrido que tiene a medida que va avanzando incrementándose el oxígeno disuelto y de acuerdo a los *Índices Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa por **Muy Crítica (Aguas fuertemente contaminadas)**, se tuvo más especies de microinvertebrados como son *Tribonema sp*, *Euglena sp 1*, *Microspora sp* y *Hexacylloepus sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 14 unidades.
4. Aguas abajo de la población de Anasquizque del Distrito de Yarusyacán los resultados según los *Índices Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa la calidad de agua **por dudosa (Aguas Contaminadas)**, las especies de microinvertebrados encontrados fueron: *Tribonema sp*, *Euglena sp 1*, *Microspora sp*, *Hexacylloepus sp* y *Frustulia sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 60 unidades.

5. Finalmente, al término del territorio del distrito de Yarusyacán los resultados según los índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) representa la calidad de aguas como **Aceptable (Se evidencia algún tipo de contaminación)**, las especies de microinvertebrados encontrados fueron: *Tribonema sp*, *Euglena sp 1*, *Microspora sp*, *Frustulia sp* y *Navicula sp3* en su totalidad se tiene la cantidad de 98 unidades. Y en el distrito de Pallanchacra representa la calidad de agua como **Buena (Aguas muy limpias no hay contaminación)** las especies de microinvertebrados encontrados solo se encuentra predominantes por tres especies como son: *Euglena sp 1*, *Microspora sp* y *Hexacylloepus sp* en su totalidad se tiene la cantidad de 102 unidades.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Autoridad Nacional de Agua usar esta nueva metodología de monitoreo y análisis de agua de los *índices Biological Monitoring Working Party* (BMWP) para evaluar la calidad de aguas ya que es más representativa, donde se puede detectar el impacto ambiental que genera la actividad humana y las industrias.
2. Fomentar la presente investigación en los estudiantes y grupos de interés de esta nueva metodología más apropiada.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

ANA. (2011). *Plan Nacional de Recursos Hidricos*. Lima.

Duberly Mosquera Restrepo y Enrique Peña (2021) *“Evaluación de la calidad del agua de un río tropical usando índices bióticos, fisicoquímicos y de diversidad”*.

Balcázar María y Carolina Centeno (2009). *“Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores ecológicos en el río Pance”*.

Coronel Chávez, Santiago (2021) *“Evaluación de la calidad del agua a partir de indicadores biológicos del río Chira”*.

Carolina Arroyo J y Andrea C. Encalada (2015). *“Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano”*.

Sierra Lombardía Virginia Dra., Alvarez de Zaya Carlos M. Dr. Metodología de la Investigación Científica. Tacna. Perú, Nov. 1996

Baylón Coritoma, Roa Castro, Sánchez Libio, Ugaz Liliana, Enoc Jara Pena, Prada Macedo, Salvatierra Alan y Rubina Abigail (2018) *“Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco”*

AQUAE, 2021 *“¿Qué es la calidad del agua?”*

Igua, 2020, *“Formación de un río”*

Johnson, 1997. *“¿Evaluación de calidad de agua?”*

María Cecilia Arango Luisa Fernanda Álvarez, 2008 *“Índices Biológicos”*

Vásquez, 2006 *“Índices Biológicos”*

Juan Jacobo Leño Sanabria, Deysi Pérez Barriga (2020). “*INDICE BIOLÓGICO BMWP (Biological Monitoring Working Party score)*”.

Aguas urbanas, 2018 extraído de la siguiente página web:
<http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>

Aguas urbanas, 2018 extraído de la siguiente página web:
<http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), 2014 “Extraído de la siguiente página web:
<https://www.actualidadambiental.pe/juin-lago-mas-alto-del-mundo-y-el-segundo-mas-grande-del-peru-es-contaminado-por-relaves-mineros/>

ANEXOS

ANEXO A: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

1. Para animales microinvertebrados

LOCALIDAD: CUENCA: PROVINCIA DEPARTAMENTO: RESPONSABLE:	CODIGO ESTACIÓN: FECHA: HORA:
COORDENADAS Y ALTITUD:	
VELOCIDAD DE CORRIENTE	VEGETACIÓN ACUÁTICA: SI NO
TIPO DE SUSTRATO: SUSTRATO DURO SUSTRATO DURO NO REMOVIBLE SUSTRATO BLANDO SUSTRATO SUPERFICIAL	CODIGO DE REGISTRO FOTOGRÁFICO COMENTARIOS:
Abundancia estimada: 0 = Ausente/No Observado, 1 = Raro (<5%), 2 = Común (5% - 30%), 3 = Abundante (30% - 70%), 4 = Dominante (>70%)	
Perifiton 0 2 3 4 Algas filamentosas 0 2 3 4 Macrofitas 0 2 3 4	Limo 0 2 3 4 Macro invertebrados 0 2 3 4 Peces 0 2 3 4

ANEXO B: IMÁGENES DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA

Fotografía 1: Recolección de microinvertebrados en el río Tingo



Fotografía 2. Recolección de parámetros físico en el río Tingo



Fotografía 3: Recolección de microinvertebrados en el río Tingo

