

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**“Determinación de parámetros físico – químicos y biológicos del  
agua del río Tío Yacu, para uso recreacional y riego de  
vegetales, del distrito de Elias Soplín Vargas –  
Rioja, 2015”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO SANITARIO**

**AUTOR:**

Yhoel Chuquimbalqui Pulce

**ASESOR:**

Ing. Juan José Pinedo Canta

Código N° 06056315

Moyobamba – Perú

2017

**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	Chugumbalgui Pulca Yhoel	
Código de alumno :	095249	Teléfono: 993058658
Correo electrónico :	Yhoel.aries.01@hotmail.com	DNI: 47244639

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ingeniería Sanitaria

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título :	Determinación de parámetros físico-químicos y biológicos del agua del río Tío Yacu, para uso recreacional y riego de Vegetales, del distrito de Elics Soplin Vargas - Rioja, 2015"
Año de publicación:	2017

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

## 8. Para ser llenado por la Biblioteca central o especializada

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

24 / 11 / 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN TARAPOTO  
UNIDAD DE BIBLIOTECA CENTRAL



Prof. Alicia Mercedes Grande Chávez  
JEFE DE LA UNIDAD DE BIBLIOTECA CENTRAL

Firma de Unidad de Biblioteca

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **DEDICATORIA**

**A mis queridos familiares por su incontable apoyo y confianza que depositaron en mi persona en especial a mis padres que me sembraron principios, valores y saberes que me ayudaron a sobrepasar todos aquellos retos y dificultades que se presentaron en mi vida diaria.**

**YHOEL**

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios, por un gran apoyo en momentos de flaquezas y a mis padres por darme la vida y la ayuda económica necesaria para poder pasar mis años de estudiante en la universidad.**

**A mi otra familia la facultad de Ecología, por hospedarme en sus aulas y a todos aquellos docentes de la universidad por llenarme de conocimientos principales para desarrollarme profesionalmente.**

**A mi asesor, el Ing. Juan José Pinedo Canta.**

**A mis compañeros, por su amistad y su apoyo al pasar nuestros momentos en las aulas.**

## RESÚMEN

Durante los meses de junio a noviembre del 2016, se realizó el proyecto denominado **“Determinación de parámetros físico-químicos y biológicos del agua del río Tío Yacu, para uso recreacional y riego de vegetales, del distrito de Elías Soplín Vargas – Rioja, 2015”**. Los objetivos específicos fueron, evaluar la calidad del agua del río Tío Yacu en los usos, recreacional y riego de vegetales, mediante la determinación de los parámetros de temperatura, pH, turbiedad, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, DBO<sub>5</sub> y coliformes fecales. Y comparar los resultados de los análisis físico-químicos y biológicos obtenidos, con los parámetros establecidos en los estándares de calidad ambiental. El enunciado del problema ¿los parámetros físico-químicos y biológicos en los usos, recreacional y riego de vegetales del río Tío Yacu, son diferentes comparados con los estándares de calidad ambiental? La hipótesis a demostrar es los parámetros físico-químicos y biológicos de agua del río Tío Yacu para uso recreacional y riego de vegetales, no están acorde a los estándares de calidad ambiental.

Los resultados de la investigación de las muestras: (M1, M2, M3) obtenidos en promedio fueron: oxígeno disuelto (8.94 mg/L), pH (7.39 pH), demanda bioquímica de oxígeno (0.59 mg/L), nitratos (0.76 mg/L), fosfatos (0.28 mg/L), temperatura (18°C), turbiedad (4.32 UTN) y sólidos totales disueltos (204.24 ppm) y coliformes fecales (44.56NMP/100mL).

En conclusión a la investigación demostramos que el agua del río Tío Yacu, según el índice de calidad de agua es 82.69, la cual es catalogada como agua de buena calidad y los parámetros analizados cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua.

**Palabras claves:** Río, parámetros, biológicos, recreacional, turbiedad.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-  
TARAPOTO FACULTAD DE ECOLOGÍA  
**CENTRO DE IDIOMAS**



ABSTRACT

During the months of June to November of 2016, was carried out the project called "Determination of physico-chemical and biological Yuracyacu river water, for your recreational use and irrigation of vegetables, in the Elias Soplin district - Rioja, 2015". The specific objectives were to evaluate the water quality of the Tío Yacu river in the uses, recreation and irrigation of vegetables, by determining the parameters of temperature, pH, turbidity, dissolved solids, dissolved oxygen, nitrates, phosphates, DBO<sub>5</sub> and Fecal coliforms. And to compare the results of the analysis physical-chemical and biological obtained, with the parameters laid down in the environmental quality standards. The statement of the problem: The physico-chemical and biological agents in the uses, recreational and irrigation of vegetables of Tío Yacu river, are different compared with the environmental quality standards?

The hypothesis to be demonstrated is the determination of the physical-chemical and biological parameters of the Tío Yacu river, for recreational use and irrigation of vegetables, indicating that they are not in accordance with the Environmental Quality Standards.

The results of the investigation of samples: (M1, M2, M3) obtained on average were: dissolved oxygen (8.94 mg/L), pH (7.39 pH), biochemical demand of oxygen (0.59 mg/L), nitrates (0.76 mg/l), phosphates (0.28 mg/L), temperature (18° c), turbidity (4.32 UTN) and total dissolved solids (204.24 ppm) and fecal coliform (44. 56NMP / 100mL).

In conclusion, with this research we show that the water of the Tío Yacu River, according to the Water Quality Index is 82.69 which is classified as good quality water and the analyzed parameters comply with the Environmental Quality Standards for water,

**Key words:** River, settings, biological, recreational, turbidity.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESÚMEN</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>vi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.1 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación de la investigación.....	3
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
2.1 Antecedentes de la investigación.....	4
2.2 Bases teóricas.....	8
2.3 Definición de términos básicos.....	18
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>21</b>
3.1 Sistemas de hipótesis.....	21
3.2 Sistemas de variables.....	21
3.3 Tipo de método de la investigación.....	22
3.4 Diseño de Investigación.....	23
3.5 Población y muestra.....	25
3.6 Técnicas de recolección de datos.....	26
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b> .....	<b>34</b>
4.1. Resultados N <sup>a</sup> .01.....	37
4.1. Resultados N <sup>a</sup> .02.....	38
4.2 Discusión de resultados.....	43



<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>46</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>47</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>48</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>54</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01:</b> Cálculo del índice de calidad de agua (ICA).....	33
<b>Tabla 02:</b> Resultados de los parámetros físico químicos y biológicos del río Tío Yacu en la parte inicial (naciente), intermedia (turística) y final (riego de vegetales), denominado (R-01), tomadas en el mes de julio del año 2016.....	34
<b>Tabla 03:</b> Resultados de los parámetros físico químicos y biológicos del río Tío Yacu en la parte inicial (naciente), intermedia (turística) y final (riego de vegetales), denominado (R-02), tomadas en el mes de agosto del año 2016.....	35
<b>Tabla 04:</b> Resultados de los parámetros físico químicos y biológicos del río Tío Yacu en la parte inicial (naciente), intermedia (turística) y final (riego de vegetales), denominado (R-03), tomadas en el mes de octubre del año 2016.....	36
<b>Tabla 05:</b> Determinación del índice de calidad del agua del río Tío Yacu.....	37
<b>Tabla 06:</b> Resumen de los resultados de los parámetros físico-químico y biológico del río Tío Yacu en la parte intermedia (recreacional), denominado (M-02), comparado con los ECAs respecto al uso recreacional del agua, muestra tomado entre los meses julio a octubre del año 2016.....	38
<b>Tabla 07:</b> Resumen de los resultados de los parámetros físico-químico y biológico del río Tío Yacu en la parte final (riego de vegetales), denominado (M-03), comparado con los ECAs respecto al riego de vegetales, muestra tomado entre los meses julio a octubre del año 2016.....	40
<b>Tabla 08:</b> Variación del agua del río Tío Yacu desde la naciente (M-01) hasta el final (M-03).....	41
<b>Tabla 09:</b> Coordenada de las zonas de muestreo.....	56
<b>Tabla 10:</b> Oxígeno disuelto .....	57
<b>Tabla 11:</b> Coliformes fecales.....	57

<b>Tabla 12:</b> Potencial de hidrogeno.....	57
<b>Tabla 13:</b> Demanda bioquímica de oxígeno.....	58
<b>Tabla 14:</b> Nitrato.....	58
<b>Tabla 15:</b> Fosfato total.....	58
<b>Tabla 16:</b> Temperatura.....	59
<b>Tabla 17:</b> Turbiedad.....	59
<b>Tabla 18:</b> Solidos totales disueltos.....	59
<b>Tabla 19:</b> Descriptores de calidad y colores propuestos para presentar los índices de calidad de agua.....	60

## INDICE DE GRÁFICOS.

<b>Figura 1:</b> Diagrama del diseño.....	24
<b>Figura 2:</b> Índice de calidad de agua.....	37
<b>Figura 3:</b> Resumen de resultados de muestreo N° 02 del río Tío Yacu comparados con los estándares para el uso recreacional. ....	39
<b>Figura 4:</b> Resumen de resultados de muestreo n° 03 del río Tío Yacu comparados con los estándares para el riego de vegetales.....	40
<b>Figura 5:</b> Variación del agua del río Tío Yacu desde naciente (m-01) hasta el final (m-03) .....	42
<b>Figura 6.</b> Valoración de la calidad del agua en función del porcentaje (%) de saturación del oxígeno disuelto .....	61
<b>Figura 7.</b> Valoración de la calidad del agua en función de los coliformes fecales.....	61
<b>Figura 8.</b> Valoración de la calidad del agua en función del pH.....	62
<b>Figura 9.</b> Valoración de la calidad del agua en función de la DBO <sub>5</sub> .....	62
<b>Figura 10.</b> Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura.....	63
<b>Figura 11.</b> Valoración de la calidad del agua en función de los fosfatos.....	63
<b>Figura 12.</b> Valoración de la calidad del agua en función de los nitratos.....	64
<b>Figura 13.</b> Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez.....	64
<b>Figura 14.</b> Valoración de la calidad del agua en función de los sólidos totales disueltos.....	65

## INTRODUCCIÓN

Durante el pasar de los años el mundo ha experimentado grandes cambios de temperatura, climatología, etc, producido por el hombre, la cual con el transcurrir del tiempo y los diversos avances tecnológicos irresponsables han ido ocasionada contaminación al medio ambiente, produciendo la ruptura de la capa de ozono que es primordial para la vida terrestre, el cual retiene los rayos ultravioletas del sol y permite que ingresen normalmente a la superficie terrestre.

También por el aumento poblacional los seres humanos que se genera gran deforestación de los bosques generando así alteraciones de los lagos y ríos, los cuales reducen y aumenta su caudal repentinamente, produciendo perdida de especies de peces, animales, invertebrados, etc.

Dado esta circunstancia hablamos del rio Tío Yacu, fuente de agua clara y transparente, la cual es primordial para el turismo y producción agrícola de la población residente y visitantes de dicha zona del Alto Mayo.

Este rio esta en eminente peligro por la pérdida de bosque de su cuenca y por la contante contaminación agrícola que existe en la zona.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

La selva ha sido privilegiada por la diversidad de flora y fauna existente, esto es gracias a los diversos efluentes superficiales existentes en este paraíso.

A través de los tiempos hemos experimentado el cambio del sistema de los ríos selváticos y poco a poco nos estamos adecuando a la realidad del cauce y comportamiento de los mismos, ya que se piensa que es un fenómeno natural.

Dado esta circunstancia hablamos del río Tío Yacu situado en el distrito de Elías Soplin Vargas, provincia de Rioja - San Martín, que está siendo objeto de turismo la cual genera un ingreso en la comunidad, pero esto ocasiona contaminación a las corrientes de agua, de allí en adelante los cauces son contaminados por actividades de ganadería y sembríos de arroz, maíz, yuca, etc., que los agricultores realizan río abajo.

El agua es indispensable para la vida humana y la conservación de las biodiversidades de flora y fauna silvestre, pues su uso es ilimitado para muchas cosas, aunque no sean para beber directamente es también utilizada en gran manera para actividades agrícolas, turísticas, etc.

Como ya sabemos las fuentes hídricas loticas entre ellas los ríos, se desplazan mayormente por distintos niveles de terrenos, atravesando transeptos naturales e intervenidos, transportando sedimentos sólidos, como las pequeñas partículas orgánicas e inorgánicas, entre otros residuos, además llevan evacuaciones de efluentes naturales mezclados con restos provenientes de las actividades antropogénicas. En forma directa e indirecta las aguas naturales se contaminan, alterando su composición química, es decir modificando su calidad para diversos usos en la satisfacción de las necesidades del hombre y de los animales.

El agua de consumo humano de la amazonia, por el momento se puede catalogar de recurso natural renovable y abundante; pero esa connotación puede cambiar ostensiblemente en el mediano plazo por los procesos productivos y extractivos que inciden en el ciclo hídrico del agua, al continuar con la dinámica de deforestación en estas cuencas, generaran impactos antrópicos sobre los componentes que gobiernan el ciclo hidrológico.

Con ello, se limita a las actuales y futuras generaciones de su contemplación, uso y manejo a libre albedrío, demandando la implementación de un desarrollo sostenible de este recurso para su conservación.

## **1.2 Formulación del problema.**

Nuestro desarrollo dependerá mucho de una eficiente gestión del recurso hídrico. El concepto de cuenca hidrográfica no ha tenido aún mucha aplicación en la gestión del agua. En los países de Latinoamérica y el Caribe; se observan algunos avances en esa dirección y hay un interés generalizado en crear y operar organismos de cuenca, para administrar el uso múltiple de este recurso y solucionar los conflictos que genera su aprovechamiento. La consideración de cuenca como una unidad más apropiada para la gestión del agua se debe principalmente a este nivel, donde debe buscarse la manera más apropiada de dar solución a los costos ambientales de aprovechamiento y la utilización de los recursos hídricos (CEPAL ,1993).

Teniendo en cuenta lo manifestado se plantea el siguiente enunciado del problema.

**¿Los parámetros físico-químicos y biológicos en los usos, recreacional y riego de vegetales del rio Tío Yacu, son diferentes comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA)?**

### **1.3 Objetivos.**

#### **1.3.1 Objetivo general.**

- ✓ Determinar los parámetros físico-químicos y biológicos del agua del río Tío Yacu, para uso recreacional y riego de vegetales en el distrito de Elías Soplin Vargas – Rioja.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- ✓ Evaluar la calidad del agua del río Tío Yacu en los usos, recreacional y riego de vegetales, mediante la determinación de los parámetros de temperatura, pH, turbiedad, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, DBO<sub>5</sub> y coliformes fecales.
- ✓ Comparar los resultados de los análisis físico-químicos y biológicos obtenidos, con los parámetros establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECA).

### **1.4 Justificación de la investigación.**

La selva ha sido privilegiada por la diversidad de flora y fauna existente gracias a los diversos efluentes superficiales existentes en este paraíso. A través de los tiempos hemos experimentado el cambio climatológico de los ríos selváticos y poco a poco nos estamos adecuando a la realidad del cauce y comportamiento de los ríos, ya que se piensa que es un fenómeno natural.

Dado esta circunstancia hablamos del río Tío Yacu situado en el distrito de Elías Soplin Vargas, la cual está siendo objeto de turismo y agricultura, ocasionando contaminación a las corrientes de agua. Por lo tanto es necesario conocer el índice de contaminación y las consecuencias que traería a los seres vivos en un futuro no muy lejano.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación.

En la presente investigación: **“Evaluación de la calidad del agua del río Opia (Tolima-Colombia) mediante macro invertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos”** nos muestra la forma y conclusión del análisis del río Opia para la región, el presente estudio se enfocó a evaluar desde el punto de vista biológico y fisicoquímico, la calidad del agua de la cuenca, generando una información básica para estudios taxonómicos y ecológicos de diversos grupos de macro invertebrados como bio-indicadores, que permitan implementar acciones de preservación y monitoreo de los ecosistemas acuáticos.

Entre los resultados sobre la calidad, se recolectó un total de 11,573 macro invertebrados acuáticos distribuidos en 4 phyla (Annelida, Arthropoda, Mollusca y Platyhelminthes), 7 clases, 16 órdenes, 50 familias y 98 géneros. El Phylum Arthropoda, presentó la mayor abundancia relativa (95.81%), y estuvo representado por las clases Arachnoidea, Crustacea e Insecto; siendo la última la más diversa y abundante en la cuenca del río Opia con el 95.20%. El Phylum Platyhelminthes estuvo representado por la clase Tricladida A nivel de los órdenes encontrados, Díptera (31.80%,) fue el más abundante, seguido por Ephemeroptera (28.36%), Trichoptera (15.97%) y Coleoptera (15.23%); y los menos abundantes fueron los órdenes Glossiphoniiformes (0.02%) y Tricladida (0.01%) (**Forero, 2009**)

En el trabajo de investigación **“La calidad de las aguas en los ríos Cautín e Imperial IX región- Chile”** para establecer la calidad descriptiva del agua de los ríos Cautín e Imperial que conforman la cuenca hidrográfica del río Imperial ubicada en la IX región de la Araucanía-Chile.

En donde se analizaron varios parámetros dando como resultados: El oxígeno disuelto se presentó en un rango de 8,0 a 12,7 ppm estando sobre los valores mínimos que permiten sustentar la vida acuática, que de acuerdo a la norma vigente es de 5 ppm, el pH varía entre 7,1 y 8,7; las temperaturas más bajas en invierno con 5,0°C y las más altas en primavera-verano con 21,0°C; El contenido de cloruros en las aguas de los ríos se presentó entre 1,8 y 111,4 ppm; La alcalinidad se presenta en un rango de 17,2 a 57,6 ppm lo cual indica que se trata de aguas con alcalinidad aceptable; Las cantidades de fosfato presentes en estos ríos varió entre 0,074 y 0,317 ppm; Las concentraciones de nitrito en las estaciones de muestreo son propias de aguas puras sin contaminación, los valores entre 0,001 y 0,004 ppm; La cantidad de nitratos fluctuó entre 0,225 y 1,40 ppm; Valores mayores a 25 y menores a 50 ppm; Los ríos estudiados presentaron concentraciones de hierro que oscilaron entre los 0,21 y 0,56 ppm; La demanda bioquímica de oxígeno, se presentó con un rango de 0,44 a 2,41 ppm.; Existe una cierta relación entre la DQO y la DBO<sub>5</sub>, siendo esta última una fracción de la DQO comprendida entre el 2 y el 70%. Los ríos presentaron valores entre 2 y 406. Este valor más alto correspondió a la estación de muestreo cercana a la desembocadura. Las aguas de los ríos Cautín e Imperial no presentan problemas, de acuerdo a las especificaciones contempladas en las normas chilenas oficiales, ya que todos los parámetros evaluados están dentro de los rangos o límites permitidos **(Rivera 2012)**.

Según la investigación realizada sobre **“Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa”**, donde nos da a conocer el análisis del río, mediante el presente estudio del impacto negativo producido por la presencia de la relavera polimetálica de Ticapampa, que afecta la calidad de aguas de la cuenca media del río Santa.

Es en ese sentido el trabajo de campo fue identificar y monitorear los cuerpos de agua de 4 puntos: P-204 (M1), P-205 (M2), P-203 (M3), P-201 (M4). De las cuatro muestras de toma de aguas, en zonas próximas al área impactada por la presencia de este pasivo ambiental se obtuvieron los siguientes resultados:

El punto de monitoreo P-203 es el tercer punto de la toma de muestra de aguas superficiales (M3), el cual se toma en las filtraciones de las aguas de la cancha de relave polimetálico de Ticapampa, el cual es el punto de monitoreo que presenta mayor concentración de metales pesados disueltos tales como: cobre (0.027 ppm), fierro (1 ppm), plomo (0.024 ppm), zinc (4.652 ppm), en comparación con los demás puntos de monitoreo de aguas superficiales.

El punto de monitoreo P-205 es el segundo punto de la toma de muestra de aguas superficiales (M2), el cual se toma en las filtraciones de las aguas de la cancha de relave polimetálico que va directamente a la cuenca del río Santa, el cual es el punto de monitoreo que presenta mayores concentraciones de arsénico (0.108 ppm), cadmio (0.024 ppm) y antimonio (0.01 ppm), en comparación con los demás puntos de monitoreo de aguas superficiales (Alfonso, 2010).

**“Evaluación hidrológica de las cuencas amazónicas peruanas”** en este documento técnico elaborado por la dirección general de hidrología y recursos hídricos del **SENAMHI**, nos muestra la metodología que se debe realizar para la evaluación a una fuente hídrica, detallada a continuación.

En campo se utilizó un ADCP (RDI – río Grande) de 600 kHz; el cual tiene acoplado un GPS GARMIN 35, ubicado directamente en el soporte del equipo. Ello permitirá que los puntos de control registrados con el ADCP, a través de la sección transversal, sean tomados con una mayor precisión. Dicho proceso se realiza según el método

indicado por RDI; cuando las condiciones hidráulicas lo permiten. El ajuste se da por aceptable cuando el error total calculado por el programa informático BBTalk del RDI, es inferior a 0,1°. La determinación in situ de la desviación magnética, se hace gracias al programa informático DECLIMAG.

El año hidrológico 2009 – 2010 la cuenca amazónica peruana presentó una de las deficiencias de lluvias más importantes de la última década, la misma que afectó principalmente a la cuenca del río Huallaga que en promedio presentó un déficit de -6%. Sin embargo durante el año hidrológico 2010 – 2011 ésta situación mejoró significativamente presentando en promedio la cuenca del río Huallaga un superávit de precipitaciones de +7%, la del Ucayali +19% y la del Marañón +19%. **(Carranza, 2010).**

## 2.2 Bases Teóricas.

**Brown (1998)**, en su evaluación de índice de calidad de agua menciona lo siguiente:

Los índices pueden generarse utilizando ciertos elementos básicos en función de los usos del agua, el “ICA”, define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Estos Índices son llamados de “usos específicos”.

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown en el año de 1998, es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por la fundación de sanidad nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creo y diseño un índice estándar llamado WQI (*Water Quality Index*) que en español se conoce como índice de calidad del agua (ICA).

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

Para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros, los cuales son:

- pH (en unidades de pH)
- Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO<sub>5</sub> en mg/ L)
- Nitratos (NO<sub>3</sub> en mg/L)
- Fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> en mg/L)
- Cambio de la temperatura (en °C)
- Turbidez (en UNT)

- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)
- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)

Para desarrollar el “ICA”, La NSF seleccionaron 142 personas quienes representaron un amplio rango a nivel local, estatal y nacional en los Estados Unidos. El proceso para el desarrollo del índice de calidad del agua se llevó a cabo en las siguientes etapas:

- I. La identificación de factores claves (parámetros biológicos, químicos o físicos) que pueden utilizarse como indicadores de la calidad del agua, basados en el criterio profesional colectivo de personas con conocimientos relativos al medio acuático o al foco de contaminación. Mediante una serie de cuestionarios, a cada panelista se le preguntó que considerara 35 parámetros de calidad de agua para una posible inclusión en dicho índice. Este número se redujo finalmente a 9 parámetros, los cuales fueron mencionados anteriormente.
- II. Asignación de los pesos relativos o peso de importancia del parámetro ( $w_i$ ) correspondientes a los factores de contaminación en aguas. En esta fase se corre el riesgo de introducir cierto grado de subjetividad en la evaluación, pero por otro lado sugiere que es importante una asignación racional y unificada de dichos pesos de acuerdo al uso del agua y de la importancia de los parámetros en relación al riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración. En el caso de asignaciones de pesos relativos se identifican cuatro fases:
  - El panel de expertos procede a la generación de las ideas que determinan los pesos relativos, escribiéndolas en un papel.

- Recolección de las ideas generadas por los participantes en un gráfico, mediante una discusión en serie.
- Discusión de cada idea recogida por el grupo con el fin de proceder a su clarificación y evaluación.
- Votación independiente sobre la prioridad de las ideas, es decir los pesos relativos, la decisión del grupo se determina mediante orientación matemática. Para esto se pueden establecer varias metodologías de índices como lo son las curvas funcionales.

Estos datos se promediaron dando origen a curvas que reflejan el criterio profesional de respuestas en una escala (sub) de 0-100.

La agregación de la información, mediante fórmulas que incluyen adiciones simples o multiplicativas.

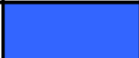




Verificación en campo de su aplicabilidad, esto implica la recolección de datos y su comprobación.

### **Estimación del índice de calidad de agua general “ICA”**

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100 que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio.

Posteriormente al cálculo el índice de calidad de agua de tipo “general” se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente tabla:

Tabla (clasificación del “ICA” propuesto por Brown)

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

### Situación de los ríos

La cuenca amazónica alberga a los ecosistemas más ricos en biodiversidad del planeta, las cuales paradójicamente son los ecosistemas más frágiles del globo terrestre. En el Perú se encuentra la mayor diversidad biológica de toda la amazonia, tanto en las regiones de selva alta (entre 3800 y 800 m.s.n.m) como en la selva baja entre ellas está la región Loreto (debajo de 800 m.s.n.m), que posee una de las más espesas vegetaciones de la selva, pero son muy vulnerable a la desertificación y erosión de los suelos por sus características fisiográficas.

La población rural se encuentra fundamentalmente ubicada en las riberas de los principales ríos y efluentes. Estas poblaciones están constituidas por comunidades ribereñas y comunidades nativas, cuyas actividades productivas son la agricultura migratoria, la pesca y la extracción de recursos forestales. Estas actividades productivas obedecen al proceso de adaptación humana a través de los años. En estos ecosistemas ricos pero frágiles se ve reflejado el criterio lógico del uso y manejo de los recursos naturales mediante las prácticas culturales productivas y extractivas.



Los ríos constituyen un sistema de circulación lineal, vectorial, jerarquizado y estructurado para trasladar los fluidos vitales a través de las «cuencas hidrográficas» hasta su desembocadura en mares y océanos; irrigando durante su recorrido a los diferentes ecosistemas de la superficie terrestre; funcionan a semejanza del sistema de circulación sanguínea de los seres vivos, donde los fluidos magmáticos (lavas, gases, cenizas, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O, vapores, etc.) son bombeados del corazón interno de la tierra (núcleo terrestre) hacia la litosfera, hidrosfera y la atmósfera terrestre (pulmones del planeta), para su reactividad, purificación, transformación, enfriamiento, oxigenación y luego ser trasladados a las diferentes altitudes y latitudes de la tierra para posteriormente precipitarse en forma sólida o líquida (nieve y/o lluvia), irrigando grandes porciones de la superficie terrestre (cuencas hidrográficas), cediendo su fluido vital y tomando en reemplazo sales, minerales, sedimentos y contaminantes de la superficie terrestre.

El parcelamiento de la superficie terrestre, trazado de cuencas hidrográficas con valles, montañas elevadas y cuencas profundas, es diseñado y ejecutado por la energía proveniente del interior de la tierra, mediante sismos, terremotos, actividad volcánica, tectonismo con elevamientos, hundimientos, fracturamientos y plegamientos de la corteza terrestre.

**El río:** Definida como una corriente natural de agua de flujo continuo y constante, dotado de caudal y velocidad, en este artículo lo circunscribimos al contexto ambiental, considerándolo como un flujo o sistema de vectores energéticos y como componente de un sistema mayor, denominado el «ciclo hidrológico del agua», que permite la continuidad de complejas interrelaciones funcionales entre las diversas formas de energía representadas por el flujo líquido (océano), flujo gaseoso

(atmósfera), el paleoflujo (litosfera) y los seres vivos. Por tanto, este componente vectorial (río), permite la interconexión energética funcional entre los tres estados de la materia y el cuarto estado plasmático representado por la energía del sol

### **Conexiones del ciclo hidrológico del agua**

El «ciclo hidrológico del agua» en su extremo superior está conectado a un macrosistema mayor conformado por los flujos procedentes del sol y del cosmos que inyectan a la tierra diferentes formas de energía permitiendo transformar la energía plasmática y electromagnética en otras formas de energía, tales como la cinética, potencia calorífica, mecánica, fotoquímica etc.; que mediante la evaporación se elevan hacia niveles superiores de la atmósfera a diferentes altitudes y latitudes los miles de millones de km<sup>3</sup> de agua bajo el estado líquido y/o gaseoso; mientras que en su conexión inferior este ciclo hidrológico es complementado por el río, enlazando a este macrosistema superior con otro geosistema energético inferior procedente del interior de la tierra; del cual también fluye energía térmica, plasmática y electromagnética que durante su recorrido por la superficie terrestre retornan a los mares y océanos miles y millones de km<sup>3</sup> de sedimentos y agua para equilibrar los materiales cedidos por el océano a la atmósfera, permitiendo así, la transformación gradual de la energía cinética en energía potencial almacenada en mares y océanos

**(Carranza, 2011).**

## **Alteraciones físicas, químicas y biológicas del agua**

### **Alteraciones físicas**

**Color:** El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen.

Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y los tipos de contaminación pardos, amarillentos o verdosos (UNE-EN ISO 7887:1995).

**Olor:** Generalmente los olores son producidos por sustancias volátiles (COV's) o gaseosas ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ , etc.), y suelen ser debidos a materia orgánica en descomposición o productos químicos producidos o empleados en la industria y tratamiento de aguas residuales. El olor se determina por sucesivas diluciones de la muestra original con agua inodora ( $T^a \approx 40 \text{ }^\circ\text{C}$ ) hasta que es indetectable (umbral de percepción), siendo un ensayo muy subjetivo y de escasa reproducibilidad. Las muestras deben conservarse en vidrio un máximo de 6 horas a 2-5  $^\circ\text{C}$ .

**Sabor:** Suele estar íntimamente asociado al olor (respuesta fisiológica parecida). Algunas sustancias, como es el caso de sales de cobre, zinc o hierro, pueden modificar el sabor, sin alterar el color del efluente. Su determinación se efectúa al igual que el olor, por dilución hasta determinar el umbral de percepción y sólo se realizará con muestras que sean sanitariamente aptas para consumo humano.

**Temperatura:** La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando así la temperatura de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. La actividad biológica aproximadamente se duplica cada diez grados aunque superado un cierto valor característico de cada especie viva, tiene efectos letales para los organismos. Un aumento anormal (por causas no climáticas) de la temperatura del agua, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor.

El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C.

**Materiales en suspensión:** Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas).

**Espumas:** Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.

## **Alteraciones químicas**

### **pH:**

Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO<sub>2</sub> disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo.

La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO<sub>2</sub> formando un sistema tampón que es el carbonato/bicarbonato.

### **Oxígeno disuelto (OD)**

Es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua y que es esencial en los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal.

El oxígeno disuelto adecuado es necesario para la vida de peces y otros organismos acuáticos.

Aproximadamente 3 a 5 mg/L o ppm es el límite más bajo para sustentar la vida de los peces durante un periodo de tiempo prolongado, este factor indica la potencialidad de respiración de los seres acuáticos, esta solubilidad de oxígeno en el agua depende de su presión parcial y la temperatura.

### **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de

vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta de tratamiento.

**Materiales oxidables: Demanda química de oxígeno (DQO).**

Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico (normalmente dicromato potásico en medio ácido). Se determina en tres horas y en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO<sub>5</sub> por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO<sub>5</sub>. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto, y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.

**Compuestos inorgánicos**

Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos.

Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman cloro fenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor.

**Alteraciones biológicas del agua**

**Bacterias coliformes:** Desechos fecales

**Virus:** Desechos fecales y restos orgánicos (Echarri, 2007).

### 2.3 Definición de términos básicos.

- **Aguas subterráneas.**

Es el agua existente bajo la superficie del terreno. En concreto, es aquella situada bajo el nivel freático y que está saturando completamente todos los poros y fisuras del terreno. Este agua fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, áreas de rezume, cauces fluviales o bien directamente al mar. Puede también dirigirse artificialmente a pozos, galerías y otros tipos de captaciones. (Domingo, 2015).

- **Calidad de agua**

Se denomina calidad de agua a la característica que se le atribuye al líquido en el momento de su uso, La misma se ve afectada por distintos factores debido al tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua (Romero, 2002).

- **Coliformes fecales.** (Constituyente biológico).

La denominación genérica, coliformes se designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. Coliformes significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo que es la Escherichia Coli. (Francisco, 2012)

- **Cuenca hidrográfica.**

Es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río que vierte sus aguas a un único lago

endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. Sociedad geológica de Lima (**S.G.L, 2011**).

- **DBO<sub>5</sub>.**

Se define a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas pseudomonas, escherichia, aerobacter, bacillius), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / L. (**Ferrero, 1974**)

- **El agua potable.**

El agua potable ha sido definida como “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual incluida la siguiente personal”. El agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud. (**Vargas, 1995**).

- **Fosfatos:**

Son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica. (**Vega y Morales, 2009**).

- **Muestra:**

Se denomina muestra a la parte del sistema que se somete a análisis, parte o cantidad pequeña de una cosa que se considera representativa del total y que se toma o se separa de ella con ciertos métodos para someterla a estudio, análisis o experimentación (**Rodier, 2011**)



- **Nitratos:**

El nitrato es un compuesto inorgánico combinado por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O) cuyo símbolo químico es  $\text{NO}_3$ . Normalmente, el nitrato no es peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito ( $\text{NO}_2$ ). (Castellanos, 1981).

- **Ríos**

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad.

Estos cuerpos de agua, comúnmente denominados corrientes, se caracterizan porque fluyen unidireccionalmente con velocidades promedio relativamente altas que varían entre 0,1 y 1 m/s. (Leopold, 1996).

- **Sedimentación**

Es el proceso por el cual los materiales transportados por distintos agentes como escorrentía, glaciares, viento y otros son depositados, provocados por efecto de la gravedad.

- **Sólidos Totales:**

El término sólidos hace alusión a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de  $2.0 \mu\text{m}$  (o más pequeños).

- **Turbidez**

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión y en dispersión coloidal.

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.

### 3.1 Sistemas de hipótesis.

Los parámetros físico-químicos y biológicos de agua del río Tío Yacu, para recreacional y riego de vegetales, **no** sobrepasaran los estándares de calidad ambiental (ECA).

- **H<sub>0</sub>** = La determinación de los parámetros físico-químicos y biológicos de agua del río Tío Yacu, para uso recreacional y riego de vegetales indican que **están** acordes a los estándares de calidad ambiental (ECA).
- **H<sub>1</sub>** = La determinación de los parámetros físico-químicos y biológicos de agua del río Tío Yacu, para su uso recreacional y riego de vegetales indican que **no están** acordes a los estándares de calidad ambiental (ECA).

### 3.2 Sistemas de variables.

#### 3.2.1 Variable dependiente.

**Y<sub>i</sub>**: Parámetros físico-químicos y biológicos.

#### 3.2.2 Variable independiente.

**X<sub>i</sub>**: Agua del río Tío Yacu, de uso recreacional y riego de vegetales.

## Indicadores.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Y: Parámetros físico-químicos y biológicos.	• Coliformes fecales	• En (NMP/100mL)
	• pH	• En (unidades de pH)
	• DBO <sub>5</sub>	• En (mg/L)
	• Nitratos (NO <sub>3</sub> )	• En (mg/L)
	• Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	• En (mg/L)
	• T°	• En (°C)
	• Turbidez	• En (UNT)
	• STD	• En (mg/L)
	• OD	• En (% saturación)
X: Agua del rio Tío Yacu, de uso recreacional y riego de vegetales.	• Rio Tío Yacu desde la naciente hasta la parte final en el distrito de Elías Soplín Vargas - Rioja.	La medición de los parámetros y comparación de los mismos con los estándares de calidad ambiental para el agua en los usos recreacional y para riego de vegetales.

### 3.3 Tipo de método de la investigación

#### 3.3.1 De acuerdo a la orientación:

- **Aplicada**

La investigación aplicada, guarda íntima relación con la básica, pues depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos, pero se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. La investigación aplicada busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar. (Zorrilla, 1993).

### **3.3.2 De acuerdo a la técnica de contrastación:**

- **Explicativa**

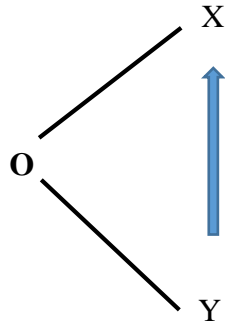
La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos. (Arias, 2012).

### **3.4 Diseño de investigación.**

Los estudios correlacionales pretenden responder a preguntas de investigación. Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio relaciones entre tres, cuatro o más variables. Los estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) y, después, cuantifican y analizan la vinculación. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba.

Comenzaremos con la variable independiente donde se tomará muestras de agua río Tío Yacu, ubicado en el distrito de Elías Soplín Vargas de la provincia de Rioja; para determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos tales como oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, fosfato, nitratos, turbidez, sólidos totales disueltos; de aquella agua para uso recreacional y riego de vegetales mediante el uso en la agricultura, para analizar,

comparar y constatar cómo influye en los parámetros establecidos por los estándares de calidad ambiental.



*Figura 1.* Diagrama del diseño

Donde:

O = Observación

X = Agua del río Tío Yacu, de uso recreacional y riego de vegetales (variable independiente)

Y = Parámetros físico-químicos y biológicos (variable dependiente)

La naciente de Tío Yacu, es uno de los lugares más concurridos en el Alto Mayo, muchos atribuyen a sus aguas tener propiedades curativas, el río Tío Yacu nace de entre las rocas en medio de la exuberante vegetación.

Ubicado en selva alta a una altura de 898 msnm desde donde se puede apreciar cómo nacen las aguas frías y cristalinas del río; desde la base de la montaña alta de una espesa vegetación, formando en su recorrido pozas y cascadas naturales para darse un refrescante baño y luego sigue su cauce; en un tramo de las orillas del río se encuentran tambos típicos, bancas para descansar, vestuarios, servicios higiénicos, kiosco y venta de golosinas.

Acceso: Se puede acceder vía terrestre hasta la Fernando Belaunde Terry para después llegar a pie desde Elías Soplín Vargas hasta dicho lugar, el cual se encuentra a 14 km de la ciudad de Rioja (20 minutos en carro).

Latitud: -5.79611    Longitud: -77.2575

Identificación de los puntos de muestreo.

- Zona 01: (naciente del río Tío Yacu)
- Zona 02: (intermedio del río Tío Yacu- zona recreacional)
- Zona 03: (final del río Tío Yacu – riego de vegetales)

### **3.5 Población y muestra**

#### **3.5.1 Población:**

Total de agua que discurre en el río Tío Yacu.

#### **3.5.2 Muestra:**

Medio litro de agua de cada punto de muestreo, un total de 4.5 L. de agua de todo el río.

## 3.6 Técnicas de recolección de datos

### 3.6.1 Técnicas

- Identificación de la zona de recolección de muestreo.
- Registrar la fecha y hora de muestreo.
- Extracción cuidadosamente de 03 muestras de río Tío Yacu **trimestralmente**, en épocas de máxima y mínima precipitación.
- Registrar los datos obtenidos del proceso realizado.
- Etiquetar y guardar muestra para su análisis en el laboratorio
- Los muestreos y análisis se realizaran en tres sectores de río estratégicamente ubicados.

### 3.6.2 Instrumentos

- Implementos de salubridad ( guantes, mascarilla)
- Termómetro ambiental
- Turbidímetro.
- Multiparámetro
- Peachimetro
- Espectofotómetro
- Vaso de precipitado
- Frascos de muestreo
- Libreta o cuaderno de apuntes
- Una cámara fotográfica
- Plumón de tinta indeleble
- Papel aluminio

### 3.6.3 Procedimiento para la determinación de los parámetros

Para todos estos procesos de debe utilizar la implementación adecuada (mascarilla, guantes, botas, etc.)

- **Temperatura:**

- Ubicación del lugar de muestreo
- Sumergir un termómetro de mercurio a una profundidad estándar de 8 a 10 cm en el río.
- Realizar este proceso en los extremos y el centro del río.
- Determinar el promedio obtenido de los tres muestreos.
- Anotar el resultado en la libreta de campo

- **pH:**

- Extraer la muestra almacenada del congelador
- Ubicación de la muestra en una probeta de 5mL.
- Secado de la probeta y colocación en el peachímetro.
- Realizar este proceso tres veces y promediar los resultados

- **Turbiedad:**

- Extraer la muestra almacenada del congelador.
- Ubicación y colocación de muestra en dos frascos pequeños.
- Extraer y limpiar los frascos donde están las muestras.
- Colocación del turbidímetro.
- Esperar la estabilización de marcación del equipo
- Realizar este proceso dos veces y promediar los resultados
- Anotar los resultados obtenidos en la libreta de campo.



○ **Sólidos totales disueltos (TDS):**

- Colocar la muestra en un vaso de precipitado limpio y esterilizado, lo ideal es que la muestra se encuentre a 25°C.
- Colocar la muestra en una superficie plana y colocar el aparato de medición.
- Esperar que se estabilice el medidor de conductividad.
- Si el valor en  $\mu\text{S}$  es 0, tendrás  $\text{H}_2\text{O}$  sin contaminación.
- Ingresar los datos en la fórmula de los sólidos totales disueltos.
- $\text{TDS (mg/L)} = \text{KE} + \text{CE}$  y Anotar los resultados obtenidos en la libreta.

○ **Oxígeno disuelto:**

- Ubicación del lugar de muestreo
- Se introduce este aparato en los extremos del ancho del río por 30 segundos.
- Realizar el promedio de los resultados obtenidos
- Anotar el resultado en la libreta de campo.

○ **Nitratos:**

- **Método espectrofotómetro ultravioleta selectivo.**

Procedimiento:

**Tratamiento de la muestra:** Sobre 50 mL de muestra transparente, filtrada si fuera preciso, añadir 1 mL de solución de HCl y homogeneizar.

**Preparación de la curva de patrones:** Se han de preparar estándares de calibrado de nitrato en el rango de 0 a 7 mL  $\text{NO}_3^-$  - N/l por dilución a 50

mL de los siguiente volumen de solución intermedia de nitrato. Se han de tratar los patrones de  $\text{NO}_3$  del mismo modo que las muestras.

**Medida espectrofotométrica:** Leer la absorbancia o transmitancia frente al agua destilada, con la que previamente se ha ajustado a absorbancia 0. Para esta determinación se utilizará la longitud de onda de 220 nm para obtener la lectura de  $\text{NO}_3$  y 275nm para determinar la interferencia.

**Expresión de resultados:** Para muestras y patrones debemos restar 2 veces la absorbancia leída a 275nm de la lectura a 220nm para obtener la absorbancia debida a los  $\text{NO}_3$  y construir la curva de calibrado de la cual se obtiene la concentración de la muestra. Detergentes, nitritos y  $\text{Cr}6+$  pueden provocar distorsiones en las medidas.

○ **Fosfatos:**

Determinación de fosfatos por colorimetría (método amarillo del ácido vanadomoldofosfórico).

**Procedimiento.**

- Ajusta el pH de la muestra: Si el pH de la muestra es mayor de 10, añade 0,05 mL (una gota) de indicador de fenolftaleína a 50,0 mL de muestra y decolora el color rojo con HCl 1+1 antes de diluir a 100 ml.
- Elimina el color de la muestra: Elimina el excesivo color de la muestra agitando unos 50 mL con 200 mg de carbón activado en un erlenmeyer durante 5 minutos y filtrando para eliminar el carbón, comprueba los

fosfatos de cada lote de carbón porque algunos producen blancos con mucho reactivo.

- Desarrollo de color en la muestra: Pon 35 mL de muestra o menos que contenga de 0,05 a 1,0 mg P, en un matraz aforado de 50 mL. Añade 10 mL de reactivo vanadato-molibdato y diluye hasta la señal con agua destilada. Debes preparar un blanco con 35 mL de agua destilada en lugar de la muestra. Al cabo de 10 minutos o más, mide la absorbancia de la muestra frente a un blanco a longitud de onda de 400 a 490 nm en función de la sensibilidad deseada. El color es estable durante días y su intensidad no es afectada por las variaciones de la temperatura ambiente.
- Se prepara la curva de calibrado: debes preparar una curva de calibrado utilizando volúmenes adecuados de solución patrón de fosfato y procediendo como el apartado anterior.

### **Expresión de resultados**

Para determinar la concentración de P expresados en mg/L se aplica el siguiente cálculo:

$$50 \text{ mg P (en 50 mL volumen final)} \cdot 1000$$

$$\checkmark \text{ mg P/L} = \text{-----mL muestra.}$$

○ **DBOs:**

**Procedimiento.**

**a) Preparación del agua de dilución.**

- Medir un volumen determinado de agua destilada y oxigenante 24horas.
- Colocar la cantidad de agua necesaria en una botella y agregar por cada litro, 1 mL de cada una de las siguientes soluciones: tampón fosfato,  $MgSO_4$ ,  $CaCl_2$ , y  $FeCl_3$ .

**b) Dilución de las muestras.**

- De acuerdo a la solución diluida se toma una alícuota.
- Se llena totalmente la botella winkler con el agua de dilución y se agita para homogenizar.
- Se prepara cuatro soluciones diluidas por muestra a analizar de 5, 10, 20y 30mL.

**c) Incubación de muestra:**

- Las soluciones diluidas preparadas se colocan en la incubadora a  $20^{\circ}C + -1^{\circ}C$  durante 5 días.
- Se procede a determinar el oxígeno disuelto de las soluciones incubadas.

**d) Determinación de oxígeno disuelto.**

- A la muestra añadir por debajo de la superficie 1mL de sulfato manganoso ( $MnSO_4$ ) con una pipeta y 1mL del reactivo de álcali-yoduro-acido, agitar y elimina el sobrante.

- Cuando el precipitado se ha asentado (1/3) destapamos el frasco y agregamos 1mL de ácido sulfúrico concentrado. Tapamos y agitamos hasta que se disuelva el precipitado.
  - Titule un volumen correspondiente a 200mL de la muestra original. Titule con la solución 0.025M, a un color amarillo.
  - Añadir unas gotas de solución de almidón y continuar la titulación hasta la primera desaparición del color azul.
  - Formula de OD;  $1\text{mL Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 1\text{mg de O}_{2\text{disuelto}}$ .
  - Formula:  $\text{DBO}_5 \text{ (mg/L)} = (\text{OD blanco} - \text{OD muestra}) / \text{factor de dilución}$ .
- **Coliformes fecales:**
- Prueba confirmativa de microorganismos coliformes fecales**
- Transferir de 2 a 3 asadas de cada tubo positivo obtenido durante la prueba presuntiva, a otro tubo de 16 x150 mm que contiene caldo de bilis verde brillante (brila), con campana de durham.
  - Agitar los tubos para su homogeneización.
  - Incubar a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 24 a 48 h.
  - Registrar como positivos aquellos tubos en donde se observe turbidez (crecimiento) y producción de gas después de un período de incubación de 24 a 48 h.
  - Consultar la tabla 1 ó 2 de NMP para conocer el número más probable de organismos coliformes fecales/100 mL.
  - Observación: En lugar de caldo lactosa se puede utilizar el caldo lauril triptosa para detectar presencia de coliformes.

### 3.6.4 Determinación del índice de calidad del agua (ICA)

**Tabla 01**

*Cálculo del índice de calidad del agua (ICA)*

Parámetros	Resultados	Valor de Q	Factor de revisión (P.I)	Total
Oxígeno disuelto	% Sat.	-	0.17	
Coliformes fecales	col/100 mL	-	0.16	
pH	Unidades	-	0.11	
DBO <sub>5</sub>	mg/L	-	0.11	
Temperatura	Cambio °C	-	0.1	
Fosfato total	mg/L	-	0.1	
Nitratos	mg/L	-	0.1	
Turbidez	NTU	-	0.08	
Sólidos totales	mg/L	-	0.07	
Índice de calidad del agua (ICA) ( $\Sigma$ de resultados)				

*Nota:* Tomada de Vergara, (2002)

**Dónde:** Total = Q x FR

$$ICA = \Sigma \text{Total}$$

#### **Técnicas de procesamiento y análisis de datos.**

Los datos obtenidos mediante los análisis, se procesaran según las formulas establecidas en la estadística descriptiva.

El análisis de los datos y resultados se darán con el uso de tablas estadísticas y la bibliografía de consulta con los antecedentes a esta investigación.

Todo en cuanto a los parámetros comparados con los estándares de calidad ambiental establecidos para el uso recreacional del agua y en el riego de vegetales, así mismo estableciendo la calidad del agua.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS.

**Tabla 02**

*Resultados de los parámetros físico químicos y biológicos del río Tío Yacu en la parte inicial (naciente), intermedia (turística) y final (riego de vegetales), denominado (R-01), tomadas en el mes de julio del año 2016*

<b>Resultados 01</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestreo julio - 2016</b>		
		<b>Inicio (M-01)</b>	<b>Intermedio (M-02)</b>	<b>Final (M-03)</b>
Oxígeno disuelto	mg/L	9,02	7,24	9
Coliformes fecales	Ufc/100mL	3	42	78
Potencial de hidrógeno (pH)	pH	7,66	8,04	8,04
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	0,45	0,62	0,9
Nitrato	mg/L	0,3	0,08	1.1
Fosfato total	mg/L	0,002	0,06	0,8
Temperatura	°C	15	17	22
Turbiedad	UNT	5,88	7,11	14,4
Solidos totales disueltos	Ppm	192	208.5	345

**Tabla 03**

*Resultados de los parámetros físico químicos y biológicos del río Tío Yacu en la parte inicial (naciente), intermedia (turística) y final (riego de vegetales), denominado (R-02), tomadas en el mes de agosto del año 2016*

<b>Resultados 02</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestreo agosto - 2016</b>		
		<b>Inicio (M-01)</b>	<b>Intermedio (M-02)</b>	<b>Final (M-03)</b>
Oxígeno disuelto	mg/L	10,71	8,96	9,88
Coliformes fecales	Ufc/100mL	2	45	97
Potencial de hidrógeno (pH)	pH	7,6	7,67	7,71
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	0,5	0,6	0,6
Nitrato	mg/L	0,2	0,5	1,2
Fosfato total	mg/L	0,003	0,05	0,6
Temperatura	°C	15	17	21
Turbiedad	UNT	1,16	1,87	2,85
Solidos totales disueltos	ppm	130,6	130,3	250,9



**Tabla 04**

*Resultados de los parámetros físico químicos y biológicos del río Tío Yacu en la parte inicial (naciente), intermedia (turística) y final (riego de vegetales), denominado (R-03), tomadas en el mes de Octubre del año 2016*

<b>Resultados 03</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestreo octubre - 2016</b>		
		<b>Inicio (M-01)</b>	<b>Intermedio (M-02)</b>	<b>Final (M-03)</b>
Oxígeno disuelto	mg/L	8	9,55	8,12
Coliformes fecales	Ufc/100mL	4	44	86
Potencial de hidrógeno (pH)	pH	6,09	6,87	6,86
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	0,498	0,499	0,699
Nitrato	mg/L	0,29	0,54	1,9
Fosfato total	mg/L	0,005	0,06	0,9
Temperatura	°C	15	18	22
Turbiedad	UNT	1,1	1,74	2,78
Solidos totales disueltos	ppm	119,5	220	241,31

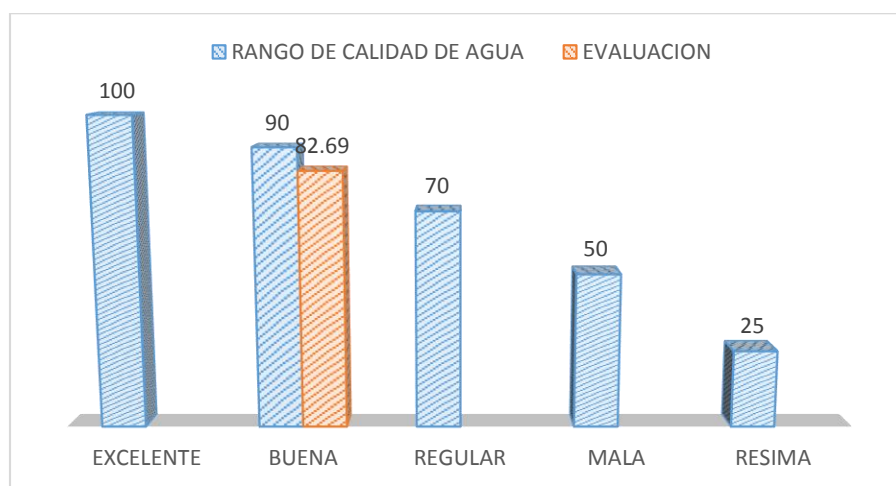
#### 4.1. Resultados N<sup>a</sup>01.

Evaluar la calidad del agua del río Tío Yacu en los usos, recreacional y riego de vegetales, mediante la determinación de los parámetros de temperatura, pH, turbiedad, sólidos totales disueltos (STD), oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, DBO<sub>5</sub> y Coliformes fecales.

**Tabla 05**

*Determinación del índice de calidad del agua del río Tío Yacu.*

Parámetros	Unidad	Promedio	Valor de Q	Factor de revisión	Total
Oxígeno disuelto	mg/L	<b>8,94</b>	97	0,17	16.49
Coliformes fecales	NMP/100mL	<b>44.56</b>	62	0,16	9.92
Potencial de hidrógeno (pH)	pH	<b>7,39</b>	94	0,11	10.34
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	<b>0,59</b>	96	0,11	10,56
Nitrato	mg/L	<b>0,76</b>	95	0,10	9.5
Fosfato total	mg/L	<b>0,28</b>	85	0,10	8.5
Temperatura	°C	<b>18,00</b>	53	0,10	5.3
Turbiedad	UNT	<b>4,32</b>	88	0,08	7.04
Sólidos totales disueltos	ppm	<b>204.24</b>	72	0,07	5.04
				<b>Total</b>	<b>82.69</b>



*Figura 2. Índice de calidad de agua*

Fuente: Tabla 05

### Interpretación:

Según los valores de los índices de calidad de agua (ICA) el valor encontrado para el agua es de unos 82.69 y de acuerdo a lo establecido por este índice se encuentra entre los valores de 71-90 de la calidad buena del agua como lo podemos observar.

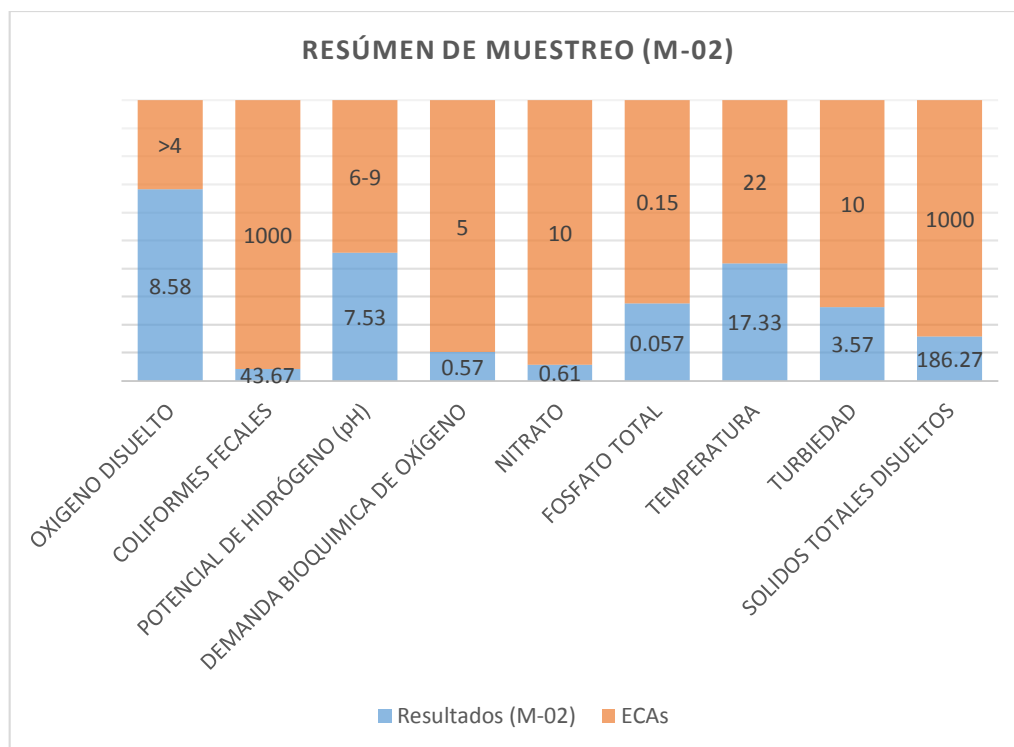
#### **4.2. Resultados N<sup>o</sup>02.**

Comparar los resultados de los análisis físico-químicos y biológicos obtenidos, con los parámetros establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECA) según su uso, recreacional y riego de vegetales.

**Tabla 06**

*Resumen de los resultados de los parámetros físico-químico y biológico del río Tío Yacu en la parte intermedia (recreacional), denominado (M-02), comparado con los ECAs, respecto al uso recreacional del agua, muestra tomado entre los meses julio a octubre del año 2016*

Uso recreacional			
Parámetros	Muestra 02		ECAs
	Unidad	Resultados	
Oxígeno disuelto	mg/L	8.58	>4
Coliformes fecales	NMP/100mL	43.67	1000
Potencial de hidrógeno (pH)	pH	7.53	06-sep
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	0.57	5
Nitrato	mg/L	0.61	10
Fosfato total	mg/L	0.057	0.15
Temperatura	°C	17.33	22
Turbiedad	UNT	3.57	10
Solidos totales disueltos	ppm	186.27	1000



*Figura. 3.* Resumen de resultados de muestreo N° 02 del río Tío Yacu comparados con los estándares para el uso recreacional

Fuente: Tabla 06.

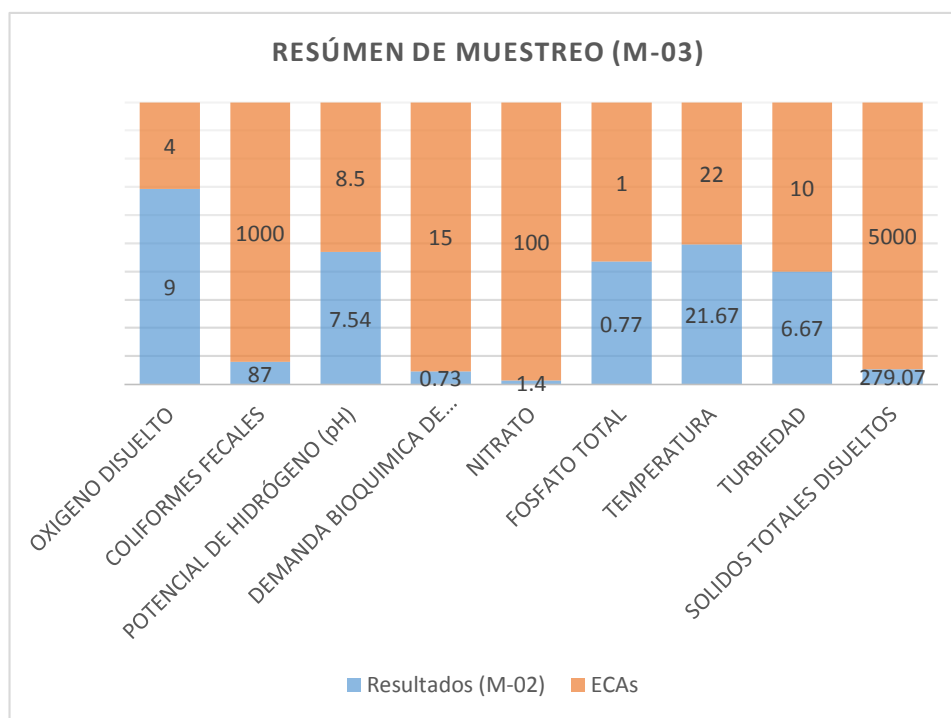
**Interpretación:**

En el resumen de los resultados del muestreo denominado (M-02) de las primeras muestras en cuanto a las tres zonas (inicio, intermedio y final) se pueden observar aquellos parámetros para el uso recreacional del agua están aptas y acordes a lo que los estándares piden tanto en pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), nitratos, fosfatos, turbiedad y temperatura, los que se encuentran cerca a lo establecido en los estándares de calidad ambiental, y los restantes como el oxígeno disuelto está sobrepasando el estándar establecido para aguas de uso recreacional; y los parámetros como: coliformes fecales y solidos totales disueltos, en cuanto a los estándares están muy bajos, determinando la buena calidad del agua en los sectores de uso recreacional del río Tío Yacu.

**Tabla 07**

*Resumen de los resultados de los parámetros físico-químico y biológico del río Tío Yacu en la parte final (riego de vegetales), denominado (M-03), comparado con los ECAs respecto al riego de vegetales, muestra tomado entre los meses julio a octubre del año 2016*

Riego de vegetales de tallo bajo			
Parámetros	Muestra - 03		ECAs
	Unidad	Resultados	
Oxígeno disuelto	mg/L	9	4
Coliformes fecales	NMP/100mL	87	1000
Potencial de hidrógeno (pH)	pH	7.54	6-8.5
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	0.73	15
Nitrato	mg/L	1.4	100
Fosfato total	mg/L	0.77	1
Temperatura	°C	21.67	22
Turbiedad	UNT	6.67	10
Solidos totales disueltos	ppm	279.07	5000



*Figura 4. Resumen de resultados de muestreo N° 03 del río Tío Yacu comparados con los estándares para el riego de vegetales*

Fuente: Tabla 07.

### Interpretación:

En el resumen de los resultados del muestreo denominado (M-03) de la última zona de muestreo, se pueden observar aquellos parámetros para el uso de riego de vegetales del agua, las cuales están aptas y acordes a lo que los estándares piden tanto en potencial de hidrogeno (pH), temperatura y turbiedad que se encuentran cerca lo establecido en los estándares de la calidad ambiental.

Los fosfatos están cerca a los estándares recomendados por la influencia de los fertilizantes utilizados en los sembríos de arroz, lechuga, maíz, etc.

El oxígeno disuelto está sobrepasando el estándar establecido para aguas utilizadas para riego de vegetales; y los parámetros como nitratos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), coliformes fecales y solidos totales disueltos, en cuanto a los estándares están muy bajos, determinando la buena calidad del agua en el sector de riego de vegetales del río Tío Yacu.

**Tabla 08**

*Variación del agua del río Tío Yacu desde la naciente (M-01) hasta el final (M-03).*

Parámetros	Unidad	Resumen de resultados			Promedio
		Inicio (M-01)	Intermedio (M-02)	Final (M-03)	
Oxígeno disuelto	mg/L	9,24	8,58	9	<b>8,94</b>
Coliformes fecales	NMP/100mL	3	43.67	87	<b>44,56</b>
Potencial de hidrógeno (pH)	pH	7,12	7,53	7,54	<b>7,39</b>
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	0,48	0,57	0,73	<b>0,59</b>
Nitrato	mg/L	0,26	0,61	1,4	<b>0,76</b>
Fosfato total	mg/L	0,0033	0,057	0,77	<b>0,28</b>
Temperatura	°C	15	17.33	21.67	<b>18,00</b>
Turbiedad	UNT	2,71	3,57	6,67	<b>4,32</b>
Solidos totales disueltos	Ppm	147.37	186.27	279.07	<b>204.24</b>

### Interpretación:

En el cuadro se demuestra el promedio de cada parámetro de acuerdo a los muestreos (M-01, M-02, M-03) según la zona (zona inicial, intermedio y la final) del río Tío Yacu, en la cual se observa que existen ciertas variaciones de los parámetros de las corrientes de agua de acuerdo a los usos utilizados de la misma, aumentando sus valores en el de zona de uso para riego de vegetales.

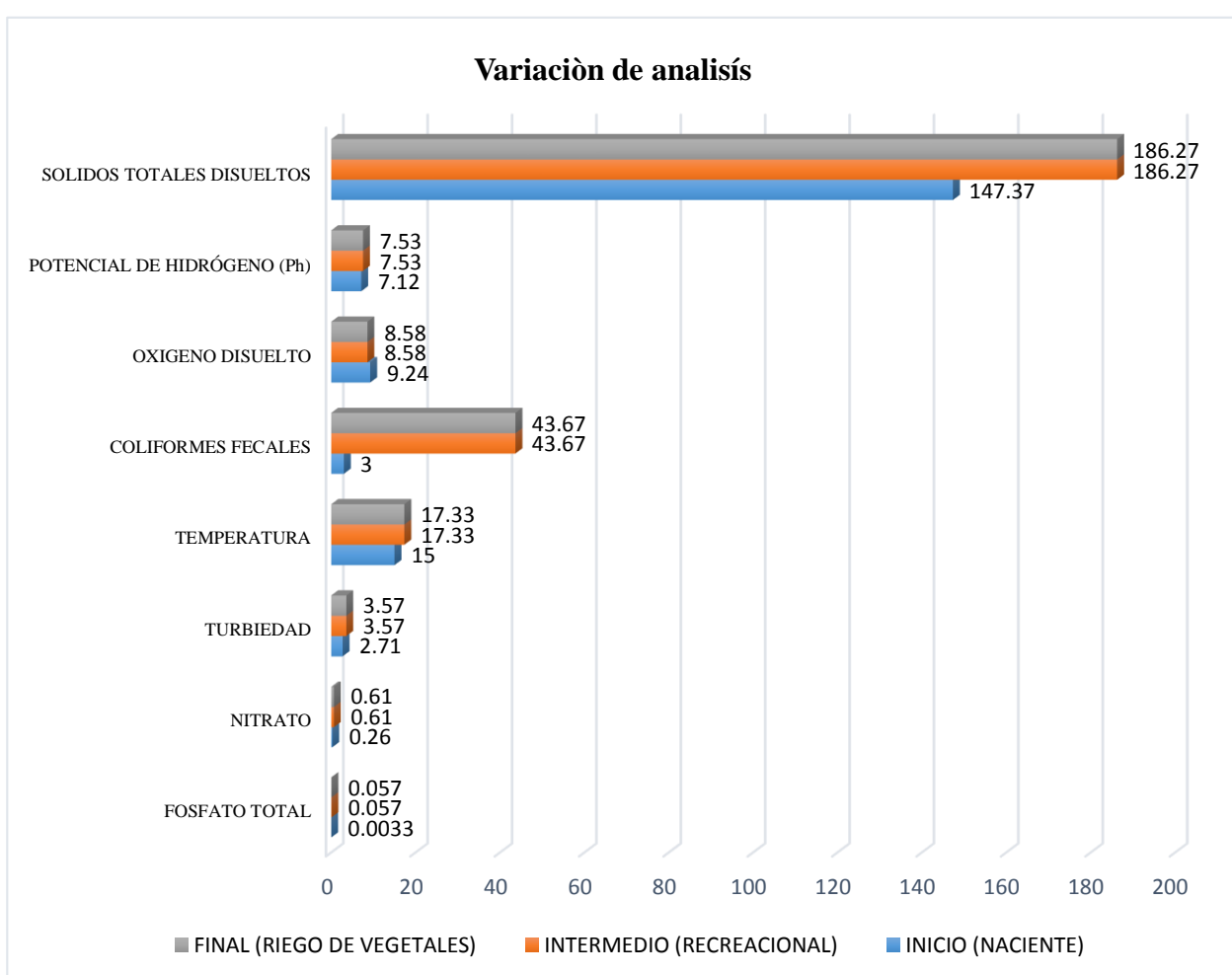


Figura 5. Variación del agua del río Tío Yacu desde la naciente (M-01) hasta el final (M-03).

Fuente: Tabla 08

### 4.3. Discusión de resultados

Puesto que la alteración de la calidad del agua puede ser provocada tanto por efectos naturales como por la actuación humana derivada de la actividad industrial, agropecuaria, agrícola, doméstica o de cualquier otra índole, no es de extrañar que el análisis de los parámetros de calidad del agua se deba realizar en este caso al río Tío Yacu, que es utilizado para uso recreacional y para el riego de vegetales de la zona, situación muy común para gente que vive a las riveras de los ríos pues su aprovechamiento para estas actividades es muy común, por eso es necesario hacer sus respectivos análisis determinando así su situación con respecto a los estándares de calidad ambiental.

En la investigación realizada al río Opia (Tolima-Colombia) por **(Forero, 2009)**, donde se demostró que en algunas estaciones se presentaron una buena calidad del agua, ya que poseen las características apropiadas tanto a nivel ecológico como fisicoquímico. A diferencia de lo anterior, en otras estaciones presentaron una calidad del agua regular, indicando que existe un proceso de intervención antrópica que limita el desarrollo de la fauna béntica y que representa una disminución en la calidad del agua, la cual evidencia la perturbación de los ecosistemas, afectando la calidad ecológica y físico-química de las zonas. Denotar el uso de los índices bióticos y fisicoquímicos en los estudios del recurso hídrico, es importante pues permite tener una información más amplia para el diagnóstico de las cuencas. Los resultados son relevantes y constituyen uno de los primeros esfuerzos que está pasando con el análisis del río Tío Yacu del distrito de Elías Soplín Vargas que se ha demostrado su buena



calidad representando una fuente buena para el uso recreacional y su uso para el riego de vegetales.

En la investigación “La calidad de las aguas en los ríos Cautín e Imperial, IX región-Chile”, para establecer la calidad descriptiva de agua de los ríos (**Rivera, 2012**).

Se analizaron varios parámetros donde los resultados fueron: El oxígeno disuelto se presentó en un rango de 8,0 a 12,7 ppm estando sobre los valores mínimos que permiten sustentar la vida acuática, así mismo en el análisis se obtuvo 8.94mg/L que de acuerdo a la norma vigente que permite a los 4mg/L; El pH varía entre 7,1 y 8,7 y en nuestras muestras es de 7.5 a 8.5 es decir estamos en un rango básico; las temperaturas más bajas en invierno con 5,0°C y las más altas en primavera-verano con 21,0°C, con respecto a la temperatura del agua esta es baja todo el tiempo varía de acuerdo a la zona desde la naciente hasta la parte final que se utiliza de riego, los valores están entre 15 y 22 °C; El contenido de cloruros en las aguas de los ríos se presentó entre 1,8 y 111,4 ppm; La alcalinidad se presenta en un rango de 17,2 a 57,6 ppm lo cual indica que se trata de aguas con alcalinidad aceptable; Las cantidades de fosfato presentes en estos ríos varió entre 0,074 y 0,317 ppm; Las concentraciones de nitrito en las estaciones de muestreo son propias de aguas puras sin contaminación, los valores entre 0,001 y 0,004 ppm; Las aguas de los ríos Cautín e Imperial no presentan problemas, de acuerdo a las especificaciones contempladas en las normas chilenas oficiales, de la misma manera las aguas del rio Tío Yacu tampoco presentaron problemas respecto a los estándares nacionales de calidad de agua en el Perú.

“Evaluación hidrológica de las cuencas amazónicas peruanas” en este documento técnico elaborado por la dirección general de hidrología y recursos hídricos del

**SENAMHI**, donde se demuestra la influencia de las lluvias en las principales cuencas amazónicas del Perú que comúnmente elevan y bajan su caudal con respecto a estas variaciones pluviales, así mismo el río Tío Yacu se encuentra al margen de estas lluvias que son comunes en esta parte y no afectan en gran manera la variación de sus parámetros estudiados.

En el “Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa”, nos da a conocer de análisis del río, mediante el presente estudio del impacto negativo producido por la presencia de la relavera polimetálica de Ticapampa, que afecta la calidad de aguas de la cuenca media del río Santa. **(Alfonso, 1995)**

De las cuatro muestras de toma de aguas, en zonas próximas al área impactada por la presencia de este pasivo ambiental es el tercer punto de la toma de muestra de aguas superficiales (M3), el cual se toma en las filtraciones de las aguas de la cancha de relave polimetálico de Ticapampa, el cual es el punto de monitoreo que presenta mayor concentración de metales pesados disueltos tales como: cobre (0.027 ppm), fierro (1 ppm), plomo (0.024 ppm), zinc (4.652 ppm), en comparación con los demás puntos de monitoreo de aguas superficiales. En comparación con las aguas del río Tío Yacu, donde las concentraciones de metales pesados es proporcional a 0.0 y donde incluso las concentraciones de nitratos y fosfatos son 0.76 ml/L y 0.28 ml/L las cuales demuestran estar acordes a los estándares de calidad manejados en la presente investigación.

Así mismo los valores que podemos encontrar en los parámetros de estas aguas varían de acuerdo también a las estaciones y la situación climatológica del agua, pues encontramos que en los primeros meses de muestreo existe una variación de la turbiedad del agua siendo esta elevada por épocas de aumento de caudal, de acuerdo a las demás muestras encontradas en los meses evaluados.

## CONCLUSIONES

- ✓ Según los resultados obtenidos en promedio de los parámetros examinados de todas las muestras se obtuvo: Oxígeno disuelto (8.94 mg/L), coliformes fecales (44.56NMP/100mL), pH (7.39 pH), demanda bioquímica de oxígeno (0.59 mg/L), nitratos (0.76 mg/L), fosfatos (0.28 mg/L), temperatura (18°C), turbiedad (4.32 UTN) y sólidos totales disueltos (204.24 ppm). observamos y demostramos de acuerdo al índice de calidad del agua que está catalogada como una buena agua, pues tiene como resultado el valor de 82.69 de acuerdo al cuadro de los valores del índice de calidad del agua.
  
- ✓ Con los resultados obtenidos del agua del río Tío Yacu en los usos recreacional y riego de vegetales del distrito de Elías Soplín Vargas.  
  
Concluimos que cumple con los estándares de calidad ambiental para agua para el uso recreacional y el riego de vegetales, mostrándonos así que el actual uso para la recreación de cientos de personas que visitan el lugar es adecuado y no corren peligro alguno, así mismo que el uso para riego de vegetales, por la buena autodepuración del río, se encuentra en buen estado, por lo tanto la calidad de esta agua es buena.
  
- ✓ El río Tío Yacu tiene un alto grado de autodepuración, esto se debe a la velocidad de sus aguas, la gran vegetación que existe en márgenes de la misma y el alto grado de oxígeno disuelto que hacen posible la autodepuración mediante la descomposición acelerada de la materia orgánica, lo tanto hace posible que el agua sea de buena calidad.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomendaría conceder a los municipios de cada localidad el poder ejecutivo, tal como lo disponen la ley, para hacer respetar aquellos parámetros dados por los ECAs y límites máximos permisibles (LMP) para así asegurar que el agua que está en contacto con la población y los alimentos sea de buena calidad.
  
- ✓ Elaborar un plan comunitario y un plan de acción para evitar la descontrolada contaminación del agua, así mismo, el plan comunitario debe estar conformado por expertos y presididos por profesionales que controlen los parámetros establecidos y establezcan el orden necesario para la adecuada utilización de este recurso hídrico.
  
- ✓ Proteger y controlar el daño ambiental que pueda producir algunos efectos adversos a la salud de la población, porque en la localidad existe una planta de cemento ubicada a pocos kilómetros de la naciente del río Tío Yacu, aquella que en el transcurso del tiempo puede provocar estragos de contaminación en las aguas del río Tío Yacu y el ambiente.
  
- ✓ Manejar adecuadamente la cobertura vegetal, puesto que la zona se encuentra en medio de la exuberante vegetación que cuenta el departamento de San Martín, para reducir las áreas afectadas por la erosión, asimismo se debe ordenar los procesos productivos tal como es la actividad económica que se realiza en el lugar (zona de recreación) y la utilización de estas aguas para el riego de vegetales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Arias, F. (2012). El proyecto de la investigación. 6ª edición: Editorial, Episteme.

Arias, A. (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros físico-químicos y contaminantes. Quito - Ecuador.

Alfonso, A. (2010). Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa, vol. 2. Lima - Perú.

Aznar, A. (2000). Gestión ambiental (Universidad Carlos III) vol. 2. Madrid.

Brack, A. (1992). Conexiones del ciclo hidrológico del agua. Lima – Perú.

Brown, R. (1998). Índice de calidad de agua (*Water Quality Index*). Washington – EE.UU.

Campoblanco, H. (2000). Importancia de los ríos en el entorno ambiental mediante educación ambiental. Lima. Perú.

Castellanos, J. (1981). La contaminación del agua por nitratos provenientes de la agricultura. INIA. Seminarios técnicos, México: 1ª edición.

Catalán, L. (1990). Química del agua. Madrid: Ed. Bellisco.

Carranza, J. (2011). Evaluación hidrológica de las cuencas amazónicas peruanas. Chazuta – San Martín.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2010). La economía del cambio climático en América Latina y El Caribe. Síntesis 2010, LC/G.2474, Santiago de Chile.

Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO, 2008). El capital natural. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México.

Céspedes, F. (2009). Evaluación de la calidad del agua del río Opía (Tolima-Colombia) mediante macro invertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Bogotá.

Centro panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 1992). Control de calidad del agua de Lima. Sedapal.

Domingo, J. C. (2015). Aguas superficiales y subterráneas: Editorial, Domingo Pinillo.

Duran, D. y Lara, A. (1994). Convivir en la tierra: Editorial, Bs.As

Escobar, J. (2002). Contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Santiago – Chile.

Echarri, L. (2007). Contaminación del agua, geología y ambiente. Universidad de Navas.

Francisco, D. (2012). Aguas superficiales, departamento de edafología y química agrícola facultad de farmacia. Universidad de Santiago de Compostela. 254-258 pág.

Ferrero, J.M (1974) Depuración biológica del agua. Alhambra – Granada.

Forero, A. (2009). Evaluación de la calidad del agua del río Opia, mediante macro invertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos, Vol. 35, Tolima-Colombia.

Faura, G. (2013). Los ríos de la amazonia peruana, Pág. 651.: Editorial sociedad geográfica de Lima.

Goitia, E. y Maldonado, M. (1992). Evaluación de la calidad del agua del río Rocha mediante organismos bentónicos, AGID. Geoscience. Cochabamba- Bolivia.

Organización Mundial de la Salud (OMS, 1995) guía para la calidad del agua potable:  
3era Edición vol. 1.

Leopold, M. (1996). El rio y la energía (*geomorfología fluvial*). Santiago - Chile: Editorial. RiL.

López, J. (2009). Las aguas subterráneas - Un recurso natural del subsuelo. 4º Edición. Instituto geológico y minero de España. Madrid. 14 pág.

Kemmer, F. (1978) Agua: el disolvente universal. P.A.G.S.A. España: Barcelona

Kiely, G. (1999) Introducción a la química y microbiología en ingeniería ambiental. Vol. 1.España: Ed. Síntesis.

Ministerio de salud (MINSA, 2015). Modifican los estándares nacionales de calidad ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. El Peruano Perú - Lima

Moya, N. (2006) Índice multimétrico de integridad biótica para la cuenca del río Chipiriri. Tesis de maestría en ciencias biológicas y biomédicas. UMSA. La Paz-Bolivia

Organización mundial de salud (OMS, 1995). Guía para la calidad de agua de bebida. Volumen 1. publicación científica OPS. Suiza

Organización mundial de la salud. (OMS, 2006) Guías para la calidad del agua potable. Suiza.

Organización panamericana de salud (OMS - PAS, 2000). Evaluación global de los servicios de agua y saneamiento. Lima – Perú.

Prieto, P. (2008). Aporte de coliformes fecales de fuentes puntuales y dispersas en la cuenca del río Grande de Añasco, UPRM,

Rivas, H. (2005). Uso y manejo del suelo y bosque amazónico por colonos andinos: el caso de los religiosos israelitas de la comunidad de alto monte de Israel-bajo amazonas / Loreto. UNMSM. Lima. Perú. Pag.43-49.

Rivera, N. (2012). La calidad de las aguas en los ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. Univ. Católica de Temuco- de Ciencias ambientales, vol. 15. Temuco-Chile.



- Romero, J. (2002). Calidad del agua. Gráfica y ediciones escuela colombiana de ingeniería, Primera Ed, Bogotá. 107,115pag.
- Rodier, J. (2011) Análisis de las aguas: naturales, aguas residuales, agua de mar. Barcelona. – España.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), (2011). Evaluación hidrología de las cuencas amazónicas peruanas. Lima, Perú.
- Sierra, C. (2011). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico. Primera Ed, Medellín: Universidad de Medellín.27, 28 pág.
- Silvio, R. (2001). La fertilización de los cultivos como fuente de contaminación. Proyecto de Investigación UBAC y T. Univ. Buenos Aires.- Argentina.
- Sociedad geográfica de Lima (2011). “Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral del recurso hídrico” Lima - Perú 2011
- Vargas, C. (1995). Control de la calidad del agua de la ciudad del Cuzco. CEPIS.
- Vega, J.M, y Morales E.J. (2009) Algoritmo para determinar parámetros en una función de comportamiento unimodal, Arizona State University EE.UU.
- Vicente, A. (2012). Manual del agua, ciencia tecnología y legislación. 3era edición – España.

Villarroya, F. (1983). Hidrogeología regional del neógeno detrítico y cuaternario de la cuenca del río Henares. Tesis doctoral. Editorial Universidad Complutense, Madrid.

Zorrilla, F. (1993). Metodología de la investigación. México.

## ANEXOS

### Anexo 1: Estándares de calidad ambiental

#### CATEGORÍA 3

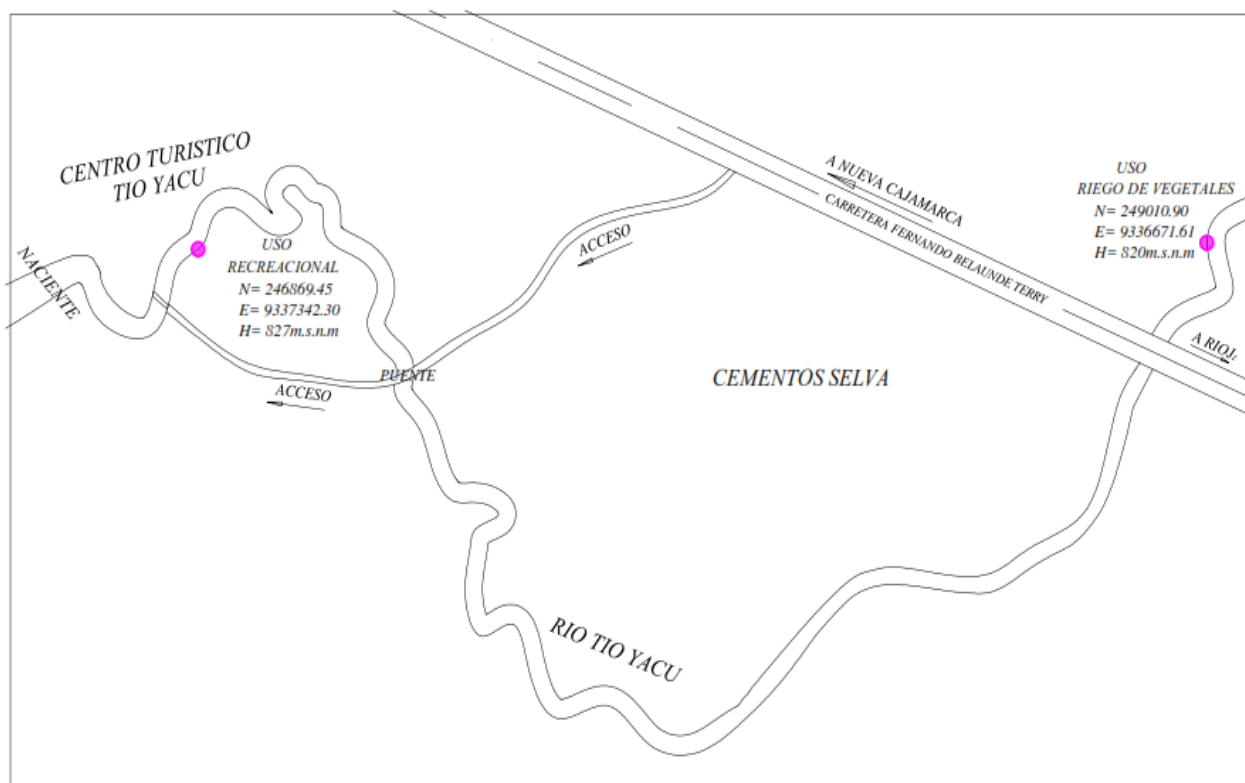
CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/l	100	100
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3

## CATEGORÍA 1 – B

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>			
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	10	**
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0.05	**
Turbiedad	UNT	100	**

**Fuente:** Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

## Anexo 2: Ubicación geográfica



Fuente: Elaboración propia

## Anexo 3: coordenadas de ubicación de lugares de muestreo en el río Tío Yacu.

Tabla 09

Coordenada de las zonas de muestreo

Lugar de muestreo	Ubicación	Coordenadas UTM		
		N	E	H
( Naciente)	Inicio del rio Tío Yacu	246755.76	9337158	853 m.s.n.m
(Zona recreacional)	Intermedio del rio Tío Yacu	246869.45	9337342	837m.s.n.m
( Zona de riego de vegetales)	Final del rio Tío Yacu	249010.9	9336672	820 m.s.n.m

Fuente: Elaboración propia (GPS).

## Anexo 4: resultados físicos, químicos y microbiológicos, por parámetros.

**Tabla 10**

*Oxígeno disuelto*

<b>Oxígeno Disuelto</b>				
<b>Muestras</b>	<b>Inicio</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Final</b>	<b>Promedio</b>
M-01	9,02	7,24	9	<b>8,42</b>
M-02	10,71	8,96	9,88	<b>9,85</b>
M-03	8	9,55	8,12	<b>8,56</b>
ECA		10		8,94

**Tabla 11**

*Coliformes fecales*

<b>Coliformes fecales</b>				
<b>Muestras</b>	<b>Inicio</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Final</b>	<b>Promedio</b>
M-01	3	42	78	<b>41</b>
M-02	2	45	97	<b>48</b>
M-03	4	44	86	<b>44.67</b>
ECA		1000		44.56

**Tabla 12**

*Potencial de hidrogeno*

<b>Potencial de hidrogeno</b>				
<b>Muestras</b>	<b>Inicio</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Final</b>	<b>Promedio</b>
M-01	7,66	8,04	8,04	<b>7,91</b>
M-02	7,6	7,67	7,71	<b>7,66</b>
M-03	6,09	6,87	6,86	<b>6,61</b>
ECA		6,5-8,5		7,39

**Tabla 13***Demanda bioquímica de oxígeno*

<b>Demanda bioquímica de oxígeno</b>				
<b>Muestras</b>	<b>Inicio</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Final</b>	<b>Promedio</b>
M-01	0,45	0,62	0,9	<b>0,66</b>
M-02	0,5	0,6	0,6	<b>0,57</b>
M-03	0,49	0,49	0,69	<b>0,57</b>
ECA		10		0,60

**Tabla 14***Nitrato*

<b>Nitrato</b>				
<b>Muestras</b>	<b>Inicio</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Final</b>	<b>Promedio</b>
M-01	0,3	0,08	1.1	<b>0,49</b>
M-02	0,2	0,5	1,2	<b>0,63</b>
M-03	0,29	0,54	1,9	<b>0,91</b>
ECA		10		0,68

**Tabla 15***Fosfato Total*

<b>Fosfato total</b>				
<b>Muestras</b>	<b>Inicio</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Final</b>	<b>Promedio</b>
M-01	0,002	0,06	0,8	<b>0,29</b>
M-02	0,003	0,05	0,6	<b>0,22</b>
M-03	0,005	0,06	0,9	<b>0,32</b>
ECA		1		0,27

**Tabla 16**  
*Temperatura*

<b>Temperatura</b>				
<b>Muestras</b>	<b>Inicio</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Final</b>	<b>Promedio</b>
M-01	15	17	22	<b>18,00</b>
M-02	15	17	21	<b>17.67</b>
M-03	15	18	22	<b>18,33</b>
ECA		22		18,00

**Tabla 17**  
*Turbiedad*

<b>Turbiedad</b>				
<b>Muestras</b>	<b>Inicio</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Final</b>	<b>Promedio</b>
M-01	5,88	7,11	14,4	<b>9,13</b>
M-02	1,16	1,87	2,85	<b>1,96</b>
M-03	1,1	1,74	2,78	<b>1,87</b>
ECA		10		4,32

**Tabla 18**  
Solidos totales disueltos

<b>Solidos totales disueltos</b>				
<b>Muestras</b>	<b>Inicio</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Final</b>	<b>Promedio</b>
M-01	192	208.5	345	<b>248.5</b>
M-02	130,6	130,3	250,9	<b>170.1</b>
M-03	119,5	220	241,31	<b>193.7</b>
ECA		1000		204.1



## Anexo 5: Tablas complementarias de los ICAs.

**Tabla 19:**

*Descriptorios de calidad y colores propuestos para presentar los índices de calidad de agua*

Escala de los ICAs como función del uso del agua

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente	Blue	91 a 100
Buena	Green	71 a 90
Regular	Yellow	51 a 70
Mala	Orange	26 a 50
Pésima	Grey	0 a 25

*Fuente:* WQI. Canter (1998)

### Uso en agricultura

#### ICA

90-100E: No requiere purificación para riego.

70-90 A: Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua.

50-70 LC: Utilizable en mayoría de cultivos.

30-50 C: Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.

20-30 FC: Uso sólo en cultivos muy resistentes.

0-20 EC: Inaceptable para riego.

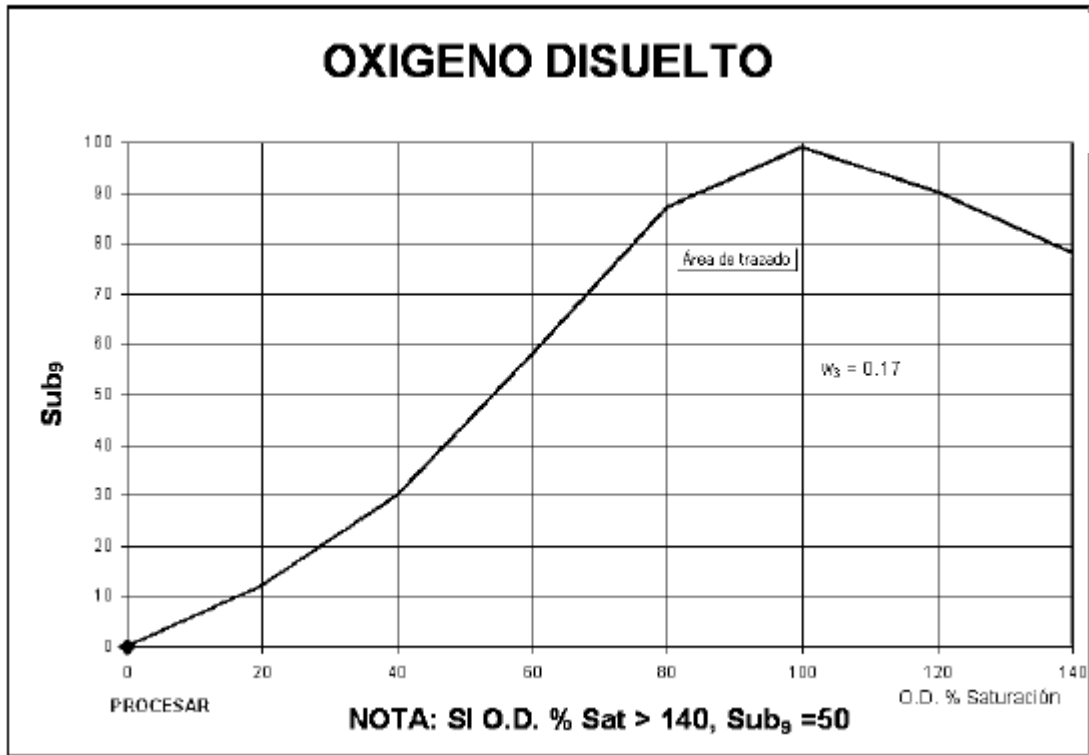


Figura 6. Valoración de la calidad del agua en función del porcentaje (%) de saturación del oxígeno disuelto

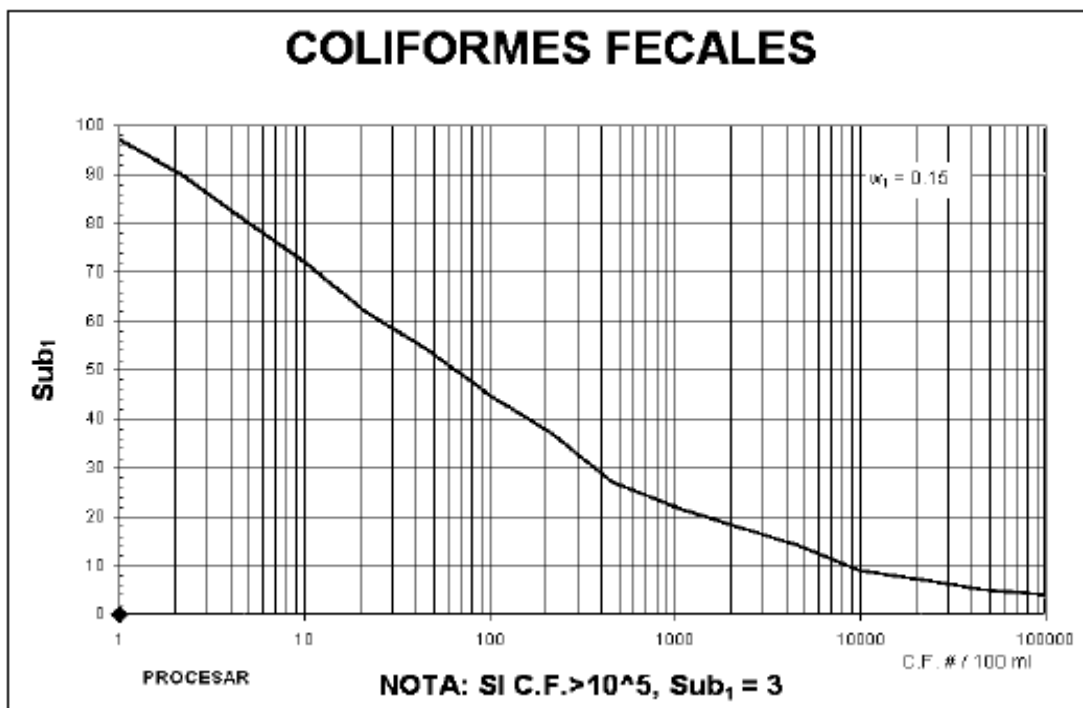


Figura 7. Valoración de la calidad del agua en función de los coliformes fecales

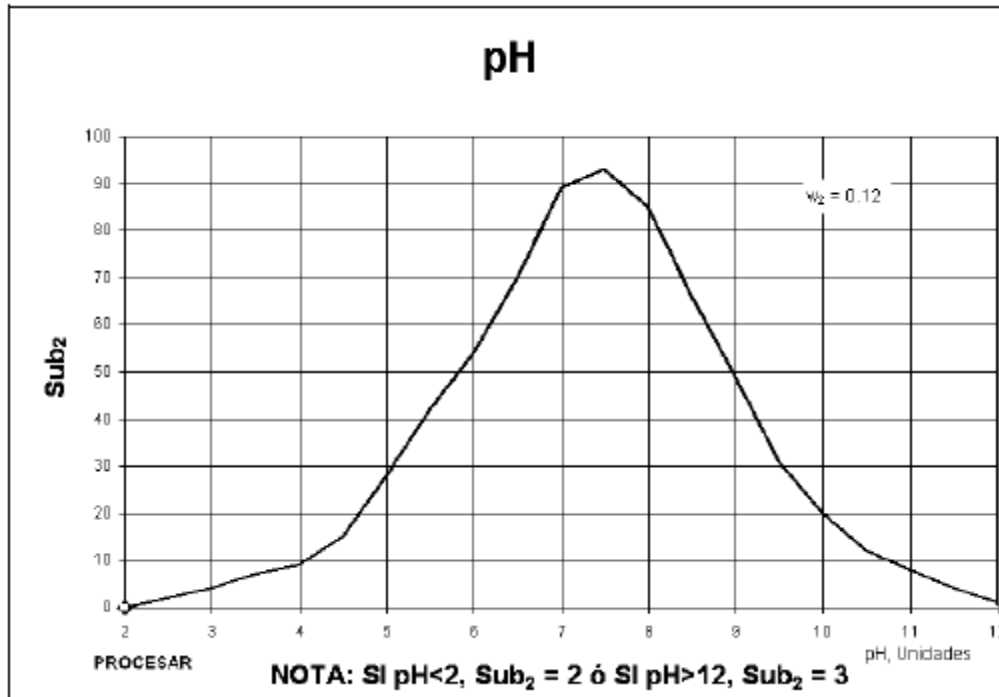


Figura 8. Valoración de la calidad del agua en función del pH

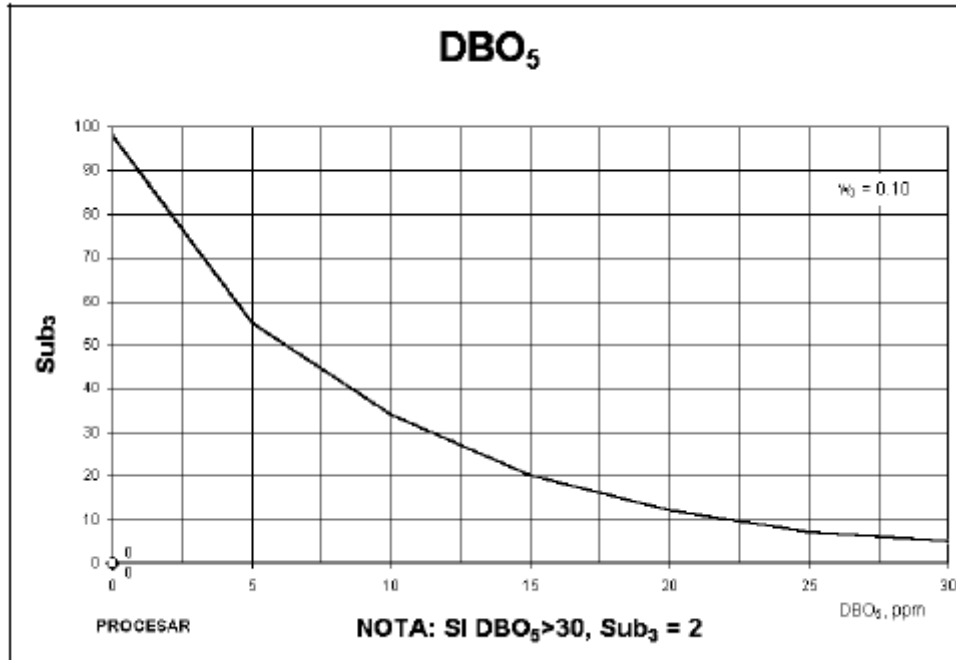


Figura 9. Valoración de la calidad del agua en función de la DBO<sub>5</sub>

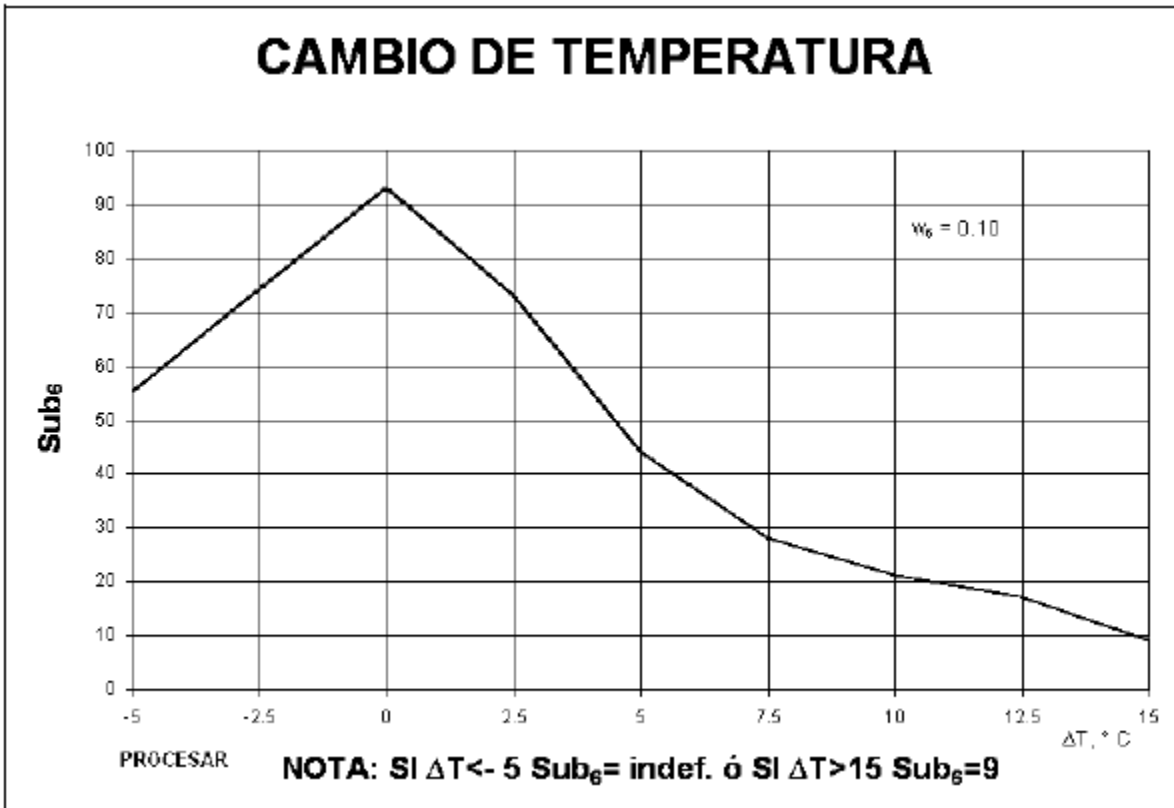


Figura 10. Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura.

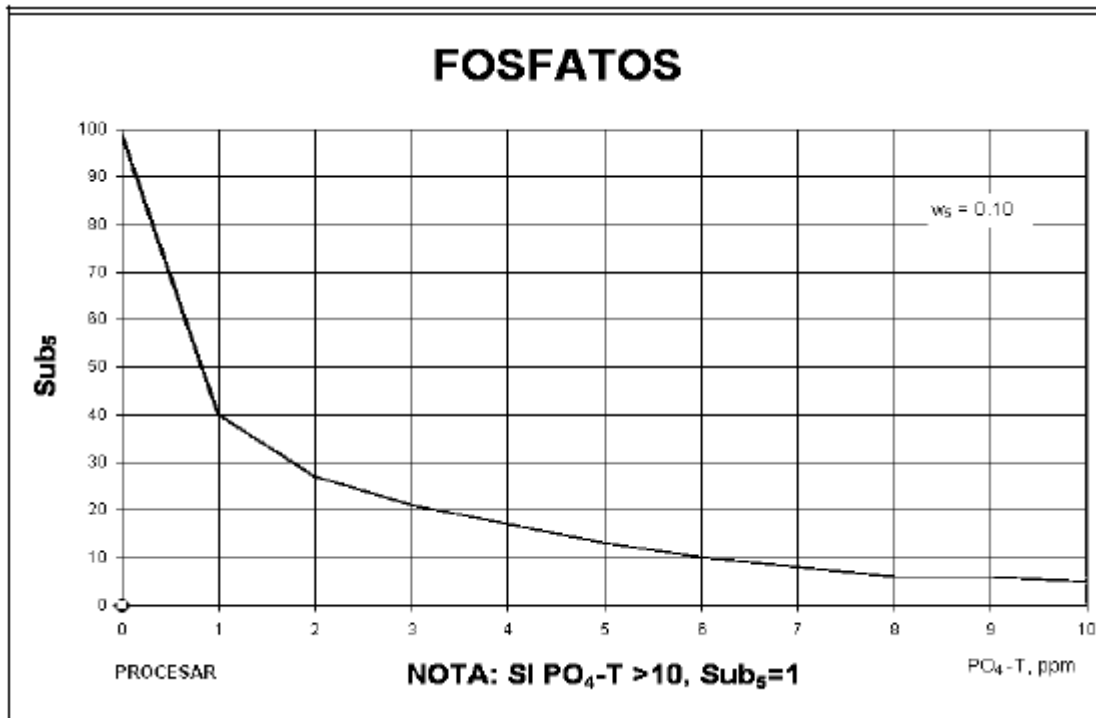


Figura 11. Valoración de la calidad del agua en función de los fosfatos

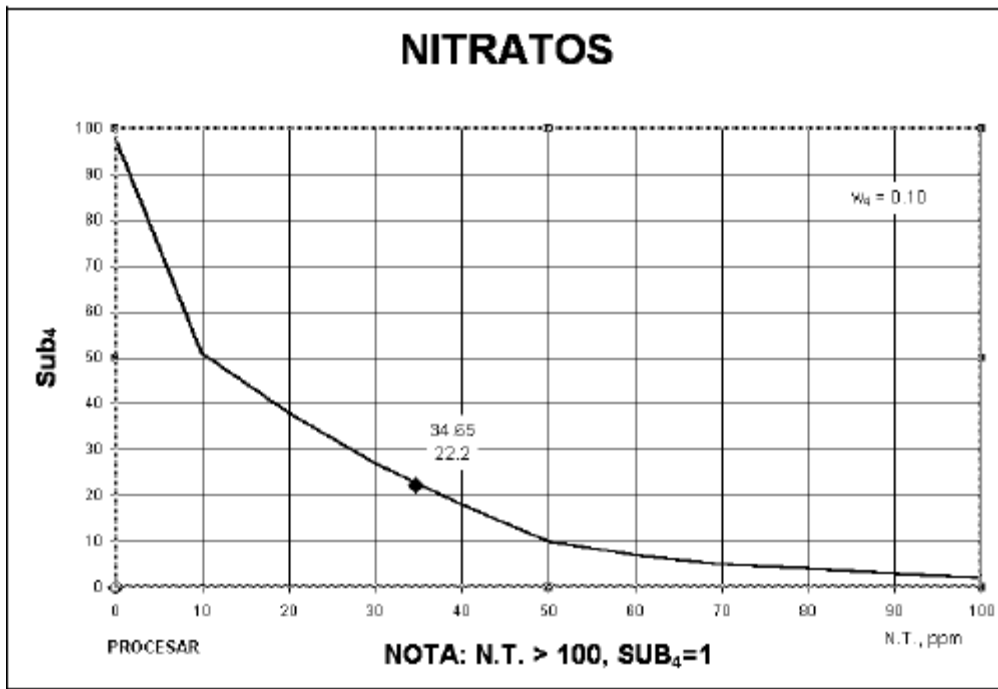


Figura 12. Valoración de la calidad del agua en función de los nitratos

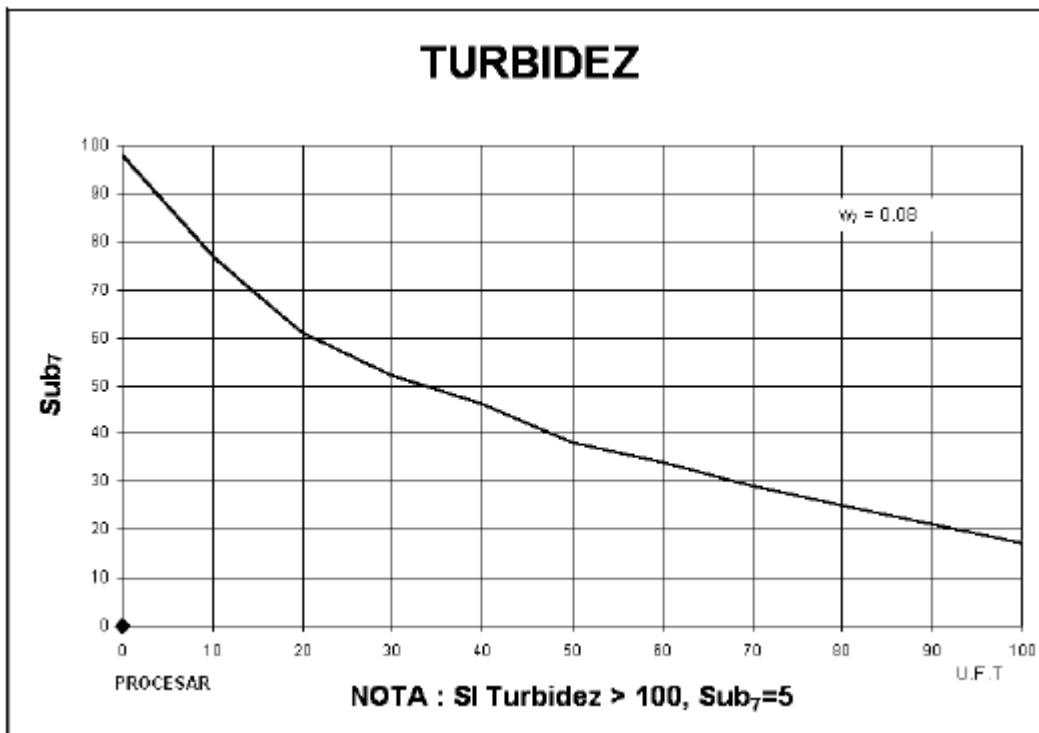


Figura 13. Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez.

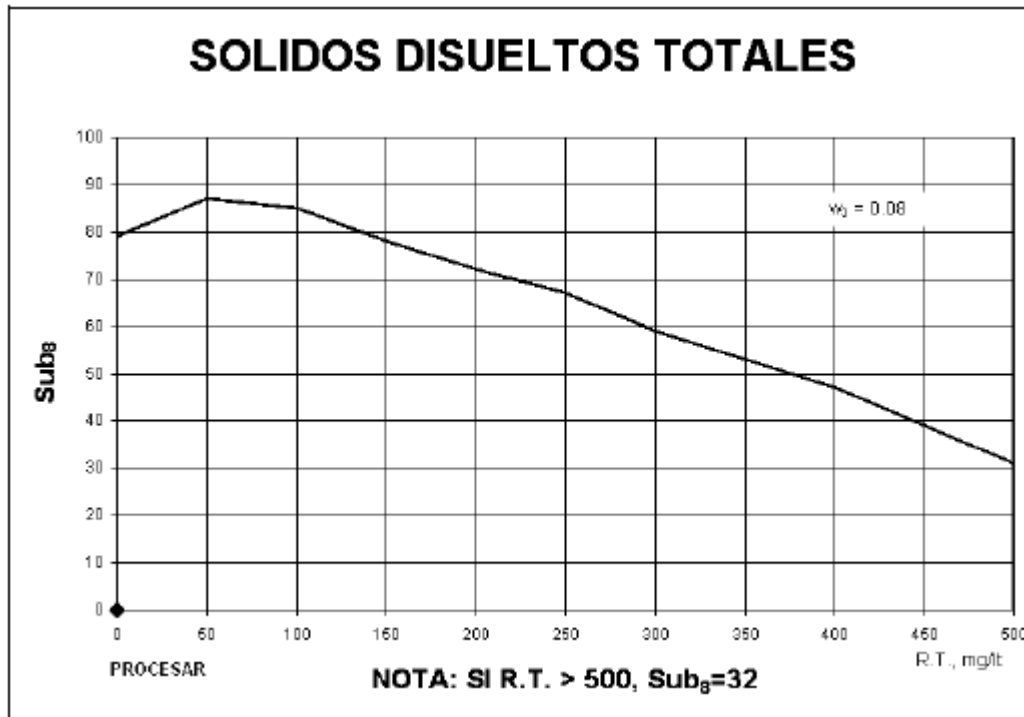


Figura 14. Valoración de la calidad del agua en función de los sólidos totales disueltos.

## Anexo 6: Panel Fotográfico.

**Foto N° 01**



**Foto N° 02**



**Foto N° 01 y N° 02:** Se aprecia la inspección y búsqueda de los puntos clave para el muestreo en el río Tío Yacu, Elías Soplín Vargas – Rioja.

**Foto N° 03**



**Foto N° 03:** Se aprecia, Ing. Juan J. Pinedo Canta, apoyando en la recolección de las muestras de agua del río Tío Yacu.

**Foto N° 04**



**Foto N° 04:** Se aprecia la toma de muestra del sector naciente (inicial)

**Foto N° 05**



**Foto N° 05:** Se aprecia la toma de muestra del sector turístico (intermedio)

**Foto N° 06**



**Foto N° 06:** Se aprecia la toma de muestra del sector riego de vegetales (final)



**Foto N° 07**



**Foto N° 08**



**Foto N° 09**



**Foto N° 07,08 y 09:** Se aprecia parte del proceso para la determinación de los parámetros tales como: pH, turbiedad, temperatura, solidos totales disueltos y oxígeno disuelto con peachimetro, multiparametrico portátil, etc. en Sedapar - Rioja.