

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREATIVO DEL RIO**  
**BARRANCO EN EL CENTRO POBLADO DE SUPTE SAN JORGE,**  
**TINGO MARÍA**

**Tesis**

**Para optar el título de**

**INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y**  
**AGUA**

**PRESENTADO POR**

**YESENIA TOLENTINO DURAN**

**Tingo María - Perú**

**2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

Tingo María – Perú

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 033-2022-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 06 de junio del 2022, a horas 4:00 p.m. a través de la plataforma virtual Ms Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

**“CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREATIVO DEL RIO  
BARRANCO EN EL CENTRO POBLADO DE SUPTE SAN JORGE,  
TINGO MARIA”**

Presentado por la Bachiller: **TOLENTINO DURAN, Yesenia**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 12 de setiembre del 2022

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ  
PRESIDENTE

Dr. ROBERTO OBREGON PEÑA  
MIEMBRO

Dra. TANIA ELIZABETH GUERRERO VEJARANO  
MIEMBRO

Ing. ERLE OTTO JAVIER BUSTAMANTE SCAGLIONI  
ASESOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREATIVO DEL RIO**  
**BARRANCO EN EL CENTRO POBLADO DE SUPTE SAN JORGE,**  
**TINGO MARÍA**

<b>Autor</b>	: TOLENTINO DURAN, Yesenia
<b>Asesor</b>	: Ing. BUSTAMANTE SCAGLIONI, Erle Otto Javier
<b>Programa de investigación</b>	: Gestión de Cuencas Hidrográficas
<b>Línea de investigación</b>	: Gestión de los Recursos Hídricos
<b>Eje temático</b>	: Calidad de agua
<b>Lugar de ejecución</b>	: Supte San Jorge
<b>Duración</b>	: 06 meses
<b>Financiamiento</b>	: Propio

## DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza de siempre, permitiéndome llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más.

A mis queridos padres: Hernández Tolentino Ruiz y Sebastiana Duran Masgo por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mis hermanos: Yuler, Yerlin porque siempre he contado con ellos, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y la amistad.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por bendecirme todos los días de mi vida, por estar siempre conmigo y encaminarme para culminar esta etapa importante de mi vida.

A mi alma mater la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por acogerme y por las lecciones que aprendí en ella.

A la facultad de Recursos Naturales Renovables, a los docentes del departamento académico de ciencias en Conservación de Suelos y Agua, por brindarme sus sabios conocimientos para la culminación de mi carrera profesional.

A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. M. Sc. José, Lévano Crisóstomo; Ing. M. Sc. Roberto, Obregón Peña; Ing. M. Sc. Nelino, Florida Rofne

A mi asesor de tesis, Ing. Erle Otto Javier Bustamante Scaglioni por su amistad, esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia y su motivación se ha logrado terminar con éxito la tesis.

A mis buenos amigos Calliri Ahuashi Maydi, Karyn Espinoza Fabián, Werlen Arce Jhon Yimi, Kevin Reátegui Tolentino, por las experiencias inolvidables compartidas.

A todas aquellas personas que en forma directa o indirecta colaboraron en la realización del presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Hipótesis .....	2
1.2. Objetivo general.....	2
1.3. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Agua para uso recreacional.....	3
2.2. Calidad del agua.....	3
2.3. Calidad del agua para uso recreacional .....	4
2.4. Estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua .....	5
2.5. Características fisicoquímicas que determinan la clase de agua .....	6
2.1.1. Demandas bioquímicas de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	6
2.1.2. Potencial de hidrógeno (pH).....	6
2.1.3. Oxígeno disuelto (OD) .....	7
2.1.4. Turbiedad.....	7
2.1.5. Temperatura.....	8
2.6. Características microbiológicas y parasitológicas que determinan la calidad del agua....	8
2.6.1. Coliformes totales (CT).....	8
2.6.2. Coliformes termotolerantes (CTT) .....	9
2.6.3. <i>Escherichia coli</i> .....	9
2.6.4. Formas parasitarias .....	10
2.6.5. <i>Salmonella sp.</i> .....	11
2.6.6. <i>Vibrio cholerae</i> .....	12
2.6.7. Enterococos intestinales .....	12
2.6.8. <i>Giardia duodenalis</i> .....	12
2.7. Índice de calidad del agua (ICA) .....	13
2.7.1. Índice de Calidad del Agua (ICA) propuesto por Dinius (1987) .....	14
2.7.2. Selección de parámetros .....	16
2.8. Marco normativo para la evaluación de la calidad de agua de uso recreacional .....	16
2.8.1. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D.S. N° 004-2017-MINAM..	16

III. MATERIALES Y METODOS .....	20
3.1. Descripción de la zona de estudio.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.1.1. Antecedentes.....	21
3.1.2. Características geográficas y climáticas .....	21
3.1.3. Hidrografía .....	21
3.1.4. Características socioeconómicas .....	22
3.2. Material y métodos .....	22
3.2.1. Materiales, equipos y reactivos .....	22
3.2.2. Metodología.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
4.1. Parámetros físicos-químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua del río Barranco.....	33
4.1.1. Análisis descriptivo de los parámetros fisicoquímicos .....	33
4.1.2. Análisis descriptivo de los parámetros microbiológicos y parasitológicos.....	37
4.2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua del río Barranco con fines recreacionales.....	42
4.3. Índice de Calidad del Agua (ICA) del río Barranco .....	44
V. CONCLUSIONES .....	48
VI. RECOMENDACIONES.....	49
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Funciones de los subíndices y pesos relativos de los parámetros del ICA .....	14
2. Clasificación del ICA en función al uso recreacional.....	15
3. Variables consideradas en un ICA .....	16
4. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales destinadas para recreación .....	17
5. Coordenadas UTM de los puntos de muestreo .....	23
6. Número de muestras recolectadas por punto de muestreo y por día de recolección.....	25
7. Parámetros seleccionados para la evaluación de calidad de agua del río Barranco.....	29
8. Funciones de los subíndices y pesos relativos de los parámetros seleccionado para el cálculo del ICA en el río Barranco.....	30
9. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos .....	33
10. Valores descriptivos de los parámetros microbiológicos-parasitológicos .....	38
11. Valores de los parámetros en comparación con los ECA .....	43
12. Índice de calidad ambiental (ICA) por punto de evaluación y mes .....	44
13. Resultados generales del análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y parasitológicos en dos puntos de muestreo del río Barranco .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Imagen satelital con la ubicación de los puntos de muestreo .....	24
2. Diseño de la investigación .....	32
3. Variación del promedio de los parámetros fisicoquímicos según la hora de monitoreo ...	34
4. Variación del promedio de los parámetros fisicoquímicos según el punto de muestreo ...	35
5. Variación del promedio de los parámetros fisicoquímicos según el tiempo de evaluación .. .....	35
6. Variación del promedio de los parámetros microbiológicos según la hora de monitoreo .	39
7. Variación del promedio de los parámetros microbiológicos según el punto de monitoreo ... .....	40
8. Variación del promedio de los parámetros microbiológicos según el tiempo de evaluación .....	41
9. Clasificación de Dinius (1987) para la calidad de agua recreacional del río Barranco según el punto de muestreo .....	45
10. Clasificación de Dinius (1987) para la calidad de agua recreacional del río Barranco según el periodo de evaluación .....	46

## RESUMEN

El incremento del contenido de minerales y/o patógenos de las aguas del río Barranco reducen su capacidad y disposición para el uso recreacional adecuado. El objetivo fue evaluar la calidad del recurso hídrico, a través de un índice de calidad ICA. La investigación se realizó en el caserío de Supte San Jorge, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. Se obtuvieron 24 muestras del balneario durante 3 meses, dos veces al día (11 a.m. y 4 p.m.), durante 4 días por mes (dos miércoles y dos domingos), posteriormente los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua fueron valorados respecto a los límites y los estándares de calidad ambiental (ECA) propuestos por el MINAM para fines recreativos, finalmente se determinó el ICA según el Dinius. Los parámetros fisicoquímicos DBO5, pH, oxígeno disuelto, turbiedad y temperatura, presentaron valores medios de 4.33 mg/L, 7.98, 7.71 mg/L, 63.01 UNT y 27.42 °C, los parámetros microbiológicos: coliformes totales, coliformes termotolerantes y E. Coli los valores medios fueron de 43.54 NMP/100ml, 27.84 NMP/100ml y 16.54 NMP/100ml, los parámetros parasitológicos: enterococos intestinales, *Cryptosporidium* sp y *Naegleria* sp mostraron “ausencia” durante todo el periodo de estudio, 4 de las 24 muestras mostraron “presencia” de *Salmonella* sp., y 2 muestras evidenciaron el *Vibrio cholerae*, condición que sugiere no cumple con lo exigido en los ECA's, aún si el ICA alcanza un valor promedio de 66.45, clasificándose como “aceptable” para su uso recreacional.

**Palabras clave:** Calidad de agua, índice de calidad, aguas recreacionales, fisicoquímico, microbiológico, parasitológico

## ABSTRACT

The increase in the content of minerals and/or pathogens in the waters of the Barranco River reduces its capacity and availability for adequate recreational use. The objective was to evaluate the quality of the water resource, through an ICA quality index. The investigation was carried out in the village of Supte San Jorge, province of Leoncio Prado, Huánuco region. 24 samples were obtained from the spa for 3 months, twice a day (11 a.m. and 4 p.m.), for 4 days a month (two Wednesdays and two Sundays), later the physical, chemical and microbiological analyzes of the water were evaluated with respect to the limits and environmental quality standards (ECA) proposed by MINAM for recreational purposes, the ICA was finally determined according to Dinius. The physicochemical parameters BOD5, pH, dissolved oxygen, turbidity and temperature, presented mean values of 4.33 mg/L, 7.98, 7.71 mg/L, 63.01 UNT and 27.42 °C, the microbiological parameters: total coliforms, thermotolerant coliforms and E. Coli the mean values were 43.54 MPN/100ml, 27.84 MPN/100ml and 16.54 MPN/100ml, the parasitological parameters: intestinal enterococci, *Cryptosporidium* sp and *Naegleria* sp showed "absence" throughout the study period, 4 of the 24 samples showed "presence" of *Salmonella* sp., and 2 samples showed *Vibrio cholerae*, a condition that suggests it does not comply with what is required in the ECA's, even if the ICA reached an average value of 66.45, classifying it as "acceptable" for recreational use.

**Keywords:** Water quality, quality index, recreational, physicochemical, microbiological, parasitological waters.

## I. INTRODUCCIÓN

Las aguas de uso recreativo son aquellas ubicadas en zonas marino costeras o continentales que tienen contacto directo a través de distintas actividades (natación, buceo, surf, canotaje, pesca, deportes acuáticos con botes o lanchas) con el ser humano. Así, cada día, miles de personas se sumergen en balnearios de mar, ríos, lagos, lagunas, entre otras, quedando expuesta la salud pública de las personas a riesgos debido a la falta de conocimiento sobre el grado de salubridad de estas aguas, así como de medidas que controlen y estandaricen su calidad. Se conoce de diversos estudios que la cualidad bacteriológica del agua utilizada para baños recreativos y/o nadar no amerita ser tan alta como para el consumo humano, pero es necesario controlarla y mantenerla desocupado de bacterias infecciosas; asimismo, el agua para uso recreacional debe estar exento de contaminantes químicos que representen toxicidad. En ese sentido, las autoridades ambientales del Perú han definido límites máximos para la presencia de grupos indicadores de contaminación en aguas con fines recreacionales; estos niveles fueron establecidos para parámetros físico-químicos, inorgánicos, microbiológicos y parasitológicos.

Particularmente, el río Barranco, ubicado en el caserío de Supte San Jorge, viene siendo fuente de vertimientos residuales domésticos de los caseríos que se encuentran en la parte alta, y también de residuos, productos de las acciones productivas que se desenvuelven en ese caserío (crianza de animales y cultivos agrícola). Por otro lado, en la zona baja, el uso con fines recreativos del agua del río Barranco se ha incrementado en estos últimos años en proporción al crecimiento poblacional, recibiendo visitantes locales y de las zonas aledañas.

Por ello, conocido el contexto de la investigación, ésta se justifica dada la necesidad de conocer el estado sanitario de las aguas del río Barranco, a fin de evitar que los visitantes contraigan diversas infecciones en ojos, oídos, respiratorias febriles y gastrointestinales, ocasionadas por los posibles microorganismos patógenos presentes. A través de los análisis para determinar la calidad del agua se podrá realizar eficientemente los planeamientos para la gestión de este recurso turístico, lo mismo que contribuirá al bienestar de la salud de la población usuaria. En este contexto, surge la interrogante: ¿los parámetros físicos, microbiológicos y parasitológicos del río Barranco se encuentran en el rango de los estándares de calidad de uso recreativo?

### **1.1. Hipótesis**

Los parámetros físicos, microbiológicos y parasitológicos del río Barranco no se encuentran en el rango de los estándares de calidad de uso recreativo. Para ello es necesario realizar un análisis de la calidad del agua del río Barranco para determinar si es factible su uso con fines recreativos.

### **1.2. Objetivo general**

Evaluar la calidad del agua para uso recreativo del río Barranco en el centro poblado de Supte San Jorge.

### **1.3. Objetivos específicos**

- Evaluar los parámetros físico-químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua del río Barranco.
- Comprobar los límites de los parámetros y los, estándares de calidad ambiental (ECA) del agua para el uso recreativo.
- Determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río Barranco.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Agua para uso recreacional

Según el Decreto Supremo N° 004 – 2017 del Ministerio del Ambiente, para aplicar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en el agua se consideran 04 categorías de clasificación; a su vez, la categoría 01 se divide en dos subcategorías: A y B; la primera, correspondiente a aguas superficiales cuyo destino es la obtención del agua potable y la segunda, a las aguas superficiales dirigidas para usos recreativos (MINAM, 2017).

Según DIGESA (2006) el uso recreativo del agua es una actividad no consumitiva, la cual genera diversos bienestar sociales, sociológicos y estéticos, dada la existencia de una relación directa o indirecta. El uso recreacional del agua se sub clasifica específicamente así:

- Contacto primario: Actividad que conlleva a mojarse el cuerpo de una persona en el agua. Ejm.: Natación, ski acuático, buceo.
- Contacto secundario: Se refiere al contacto de la persona y el agua. Ejm.: deportes de pesca y náuticos.

### 2.2. Calidad del agua

Para Gonzales y Gutiérrez (2005) puede definirse la calidad de un agua como el grupo de características biológicas químicas y físicas, que determinan que un agua sea ideal para un fin definitivo. Asimismo, la calidad del agua está referida al nivel de contenidos inmersos de sólidos y gases en suspensión y/o en solución.

Para SEMARENA (2001) referirse a la calidad del agua sugiere aplicar un juicio subjetivo de acuerdo a su uso; este análisis incluye, además, es un conjunto de parámetros biológicos químicos y físicos que definen su constitución, variación, y utilización del H<sub>2</sub>O.

Sáenz (1995) señaló que evaluar la calidad del agua implicaría la aplicación de diversos enfoques, estudiando sus características biológicas, químicas y físicas, relacionándolo a la calidad natural, el efecto de la acción humana, así como también, los que se encuentran en relación a la salud. El análisis que se desarrolla a cualquier tipo de agua nos permite conocer sobre la presencia de gases, elementos minerales y orgánicos, así como también, la presencia de microorganismos patógenos.

Un cuerpo de agua cualquiera, puede poseer la calidad necesaria para satisfacer las necesidades en relación a un uso en particular, pero al mismo tiempo, puede no ser apta para otro. Dada la inexistencia de una clase o muestra de agua que cumpla con todos los aspectos de calidad para un uso universal, así como, la inexistencia de “un criterio único para medir la calidad en cualquier fin”, la idea de calidad del agua esta conceptualiza en relación a un uso preliminarmente establecido (Clair, 2000). Por ello, al caracterizar a los grupos que indican contaminación es necesario previo a asignar un uso determinado a un cuerpo de agua. Gonzales y Gutiérrez (2005) mencionan que la forma más fácil de determinar la calidad del agua consiste en definir los niveles biológicos químicos y físicos, que se consideran aptos o gratos según sea su destino de uso. Así, de acuerdo a los niveles registrados, el agua es clasificada por su calidad y la potencialidad de su uso. La calidad del agua también es determinada, si observamos que la medida de alguno de los parámetros de calidad, irrelevantemente de su cualidad microbiológica o fisicoquímica, que no se encuentren inmersos según lo establecido.

### **2.3. Calidad del agua para uso recreacional**

De acuerdo a Barrenechea (2004), la condición del agua es referente y es de consideración si se relaciona directamente con su uso que se plantea dar al recurso; por ello, para determinar si es ideal para un propósito particular, su calidad debe estar especificado considerando el propósito. Tomando esto en consideración, puede afirmarse la contaminación del agua cuando se producen cambios que dañan su uso potencial y real.

Así, si un usuario se encuentra en contacto primario con aguas recreativas, es de importancia conocer el nivel de contaminación de las mismas, esto, con el fin de evitar la transmisión de agentes patógenos que pueden transmitirse a través del recurso hídrico. Es de mayor importancia aún el monitoreo de aguas recreativas que se encuentran afectadas por la descarga directa o difusa de desechos industriales y/o cloacales, las cuales pueden significar un riesgo elevado de contaminación dada la presencia de patógenos bacterianos y metabolitos tóxicos producidos durante la floración de algas en cuerpos eutrofizados (Nadal *et al.*, 2012). En las aguas de uso recreacional existen microorganismos patógenos que producen diversas enfermedades e infecciones en ojos y oídos. (Rees *et al.*, 2000). Según Pilotto (2008) existe un alto grado de relación entre las cianobacterias y los efectos negativos a la salud dada la presencia de microcistinas, en particular, esto se evidencia con males gastrointestinales y hepáticos, así como en afecciones neurológicas, cutáneas y cáncer.

Así, el uso del agua en actividades recreativas al margen de generar beneficios, puede generar efectos adversos cuando están contaminadas o no existen garantías que aseguren su calidad. Asimismo, los usuarios pueden exponerse a otros riesgos por el hecho de permanecer en niveles extremos de calor, frío y luz solar.

#### **2.4. Estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua**

Inicialmente, la definición de la calidad del agua, estaba relacionada al consumo humano, durante los últimos años el concepto fue ampliándose, tomándose diversos usos y destinos del recurso. Por tanto, con respecto a lo anterior, el concepto va depender cuando el agua es destinada para realizar actividades económicas de producción, como menester humano o para resguardo del medio ambiente; en ese sentido, se tienen que estimar aspectos químicos, físicos y biológicos específicos para calcular y análisis (ANA, 2011).

Según el D.S. N° 002 – 2008 del Ministerio del Ambiente, los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) respectivos para el agua miden el grado o nivel de elementos, sustancias, así como, características físicas, químicas y biológicas que interactúan en la misma, que en su estado de ente receptor y como elemento primario de ecosistemas acuáticos, no generan inseguridad significativa para la salubridad de individuos tampoco para el medio ambiente. Los patrones de calidad que se aprueban en el documento son de aplicación en todos los cuerpos de agua en su estado natural de toda el área geográfica de nuestro país y son obligatorios durante la formulación de normativas legales y políticas comunes dado que sirven de referencia obligatoria en el plan y empleo de todas las herramientas de gestión ambiental (MINAM, 2008).

Las variables consideradas durante el plan y empleo de todas las herramientas de gestión ambiental fueron las siguientes (MINAM, 2017):

- a. Los parámetros que están relacionados a elementos que contaminan se caracterizan a efluentes del proyecto o a las actividades productivas, extractivas o de función.
- b. Todas las características primarias que permiten determinar al estado de la calidad de las H<sub>2</sub>O superficiales que todavía no han sufrido alteraciones por la acción del hombre.
- c. Los estándares básicos de cuerpos de agua naturales que permiten acceder a información relacionada a la concentración de sustancias, elementos, o agentes químicos, físicos, o biológicos que convergen en el recurso, los cuales pueden ser originados naturalmente o por la acción del hombre.

- d. El resultado de diversas descargas en la zona, considerando los efectos negativos ambientales recurrente y sinérgicos que se presentan en la descarga del efluente (en aguas arriba y en aguas abajo), lo cual influye en la condición ambiental de sustancias naturales de agua donde se desarrolla la actividad.
- e. Otras peculiaridades específicas de cada actividad o el medio, las cuales pueden tener influencia en la índole ambiental de los elementos naturales de H<sub>2</sub>O.

## **2.5. Características fisicoquímicas que determinan la clase de agua**

### **2.1.1. Demandas bioquímicas de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Romero (1998) define a la DBO<sub>5</sub> como el nivel de oxígeno que requieren los microorganismos para poder realizar los procesos de oxidación biológica de materia orgánica, donde una muestra es incubada durante cinco días a 20°C en un medio oscuro. Es una característica cuya medida es indispensable para conocer el estado o la calidad del agua de diversos cuerpos naturales.

Según López *et al.* (2016), la materia orgánica que se encuentra presente en un cuerpo de agua, sufre un proceso de biodegradación causada por microorganismos que se desarrollan en medios con presencia de oxígeno (aeróbicos); en ese sentido, la DBO<sub>5</sub> se utiliza para establecer los requerimientos de este elemento para que se realice esta degradación del material orgánico bioquímicamente presentes en el agua. Apha *et al.* (2005) mencionan que esta prueba es una de las de mayor importancia para realizar el monitoreo de actividades que contaminan los ríos.

### **2.1.2. Potencial de hidrógeno (pH)**

Son el conjunto relativo de iones de hidrógeno encontrados en el agua; la acción de estos iones puede influir indirecta o directa la acción de otros componentes que interactúan en el recurso. Durante el detalle de los sistemas bióticos y químicos de masas de aguas primarias, la medición del pH es una actividad de suma importancia (Álvarez *et al.*, 2006).

Según Romero (1998) este parámetro se mide en una escala valorativa desde 0 a 14. En la medida 7 o con un pH igual a 7, es considerado neutro, cuando el pH es menor de 7 es considerado un medio ácido, en contraste, cuando el pH es mayor de 7 es considerada básica o alcalina.

Para realizar las mediciones del pH debemos de tener en consideración que estas varían de acuerdo con la temperatura. Generalmente, las aguas naturales que no han sido contaminadas por la acción del hombre se encuentran con un pH en el rango de 5 - 9. Sin embargo, la mayor parte de los lagos, ríos o cualquier masa de aguas naturales presentan valores de pH que oscilan entre 6,0 a 8,5 (Jiménez, 2000; Barrenechea, 2004).

### **2.1.3. Oxígeno disuelto (OD)**

Según CAN (2008) es el nivel de oxígeno que está presente en el agua; siendo uno de sus parámetros más afiliado a la vida acuáticas, ya que incide en la mayoría de los procesos biológicos y químicos. Las situaciones aeróbicas que se presenta en el agua contribuyen al desarrollo de diversas especies como peces (los cuales generalmente subsisten en concentraciones del OD superior al 4 mg/l). Los resultados de un análisis de OD pueden ser usados como indicadores para medir el nivel de polución orgánica por la cantidad de degradación de elementos inorgánicas y orgánicos susceptibles a la oxidación.

Su densidad comprende directamente con la difusión del aire que existe en el medio, la aireación del agua dependerá de los saltos y agitaciones que realizan estas mismas, también será resultado consecuente de la fotosíntesis. Asimismo, su concentración sufrirá variaciones con referencia a las temperaturas, decreciendo a medida que éste aumente. La existencia de grandes cantidades de bacterias también afecta la concentración de oxígeno, haciendo que ésta, disminuya, al igual que la eutrofización de las masas de agua. Los factores de OD pueden cambiar de 0 - 18 mg/L, siendo posible en la mayoría de cuerpos de agua la presencia de diversidad acuática partir de un mínimo de 5 - 6 mg/L; el agua considerada de muy buena calidad supera los 12 mg/L, en contraste la de mala calidad no alcanza los 5 mg/L (Romero, 1998; López *et al.*, 2016).

### **2.1.4. Turbiedad**

Mitchell *et al.* (1991) refiere que la turbiedad es la existencia de solidos que se localizan suspendidos en el H<sub>2</sub>O generando la reducción de la transmisión de luz. Los sólidos suspendidos que se encuentran tienen forma variada, pudiendo ser limos, arcillas, material orgánico, plancton y hasta desechos de drenaje e industriales (Sáenz, 1995). Al existir un alto nivel de turbiedad, el agua pierde la propiedad de contribuir en el desarrollo de la heterogeneidad de entes acuáticos, al contener materiales que asimilan el calor de la luz de sol,

generando un aumento en la temperatura, sabiendo que el agua caliente concentra menor oxígeno que el agua fría, por ende, al ingresar menor cantidad de luz disminuye la capacidad fotosintética necesaria para la producción de oxígeno. Otro efecto que se encuentra asociado a la turbiedad es la saturación en las agallas de peces, por los elementos suspendidos, que afectan en su crecimiento, así como también en la resistencia de las infecciones, al mismo tiempo limitando el crecimiento de larvas y huevos.

### **2.1.5. Temperatura**

Según OPS (2012) la temperatura es una medida termodinámica de la situación de un sistema caracterizado por el calor, o el traslado de energía. La temperatura influye en el nivel de oxígeno que se encuentre en el agua, a más temperatura se acelera la fotosíntesis, así como el nivel de remoción de la materia orgánica. Por su parte, Canter (2000) refiere que la temperatura del agua es un aspecto primordial para el incremento de la vida en un medio acuático, es relevante en las reacciones químicas y la rapidez de estas, de igual manera para la capacidad del agua para ciertos fines de utilidad. La temperatura determina el comportamiento de otros parámetros de la calidad del agua, como el pH, el nivel de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

## **2.6. Características microbiológicas y parasitológicas que determinan la calidad del agua**

Según Henry y Heinke (1999) el agua destinada para el consumo humano y para el uso doméstico deberá encontrarse libre de microorganismos que puedan producir diversas patologías, la mayoría de las cuales son producidas por aguas contaminadas que poseen organismos de origen fecal. La APHA *et al.* (2005) hace referencia que las bacterias coliformes, son el principal contaminante que tiene el agua al adecuar un determinado uso.

### **2.6.1. Coliformes totales (CT)**

Los coliformes totales son definidos también como bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, algunos alcanzan su desarrollo cuando están presentes las sales biliares y otros agentes tensoactivos que poseen propiedades parecidas al retraimiento del crecimiento, no poseen citocromo oxidasa, tienen la capacidad de fermentación de la lactosa, produciendo ácido, gas y aldehído a  $36 \pm 1$  °C en un período de 24 a 48 horas (OMS, 1998; OPS, 2012).

Las bacterias coliformes sirven como indicadores para medir la contaminación del agua, ya que provienen de la parte intestinal y de la materia fecal de los seres humanos y de los animales, tienen una larga capacidad de supervivencia dentro del agua, siendo fáciles de detectar. La cantidad de bacterias coliformes que debe contener el agua es de 0 NMP/100 mL (número más probable/100 mL) si es requerida para el consumo humano, en aguas con fines recreacionales puede admitirse más de 1000 NMP/100 mL. Estas bacterias, no solo proceden de la materia fecal de los seres humanos sino también de las heces de los animales; por ello, la presencia de bacterias coliformes en agua superficial que indica contaminación aquejadas de residuos de animales o humanos (Romero, 1998; López *et al.*, 2016).

### **2.6.2. Coliformes termotolerantes (CTT)**

Los coliformes termotolerantes (CTT), son microorganismos que pueden soportar elevadas temperaturas de hasta 45 ° C, están comprendidos por una cantidad muy reducida de especies, los cuales van de acuerdo a sus orígenes de indicadores de calidad. La mayor parte de los coliformes termotolerantes están representados por *E. coli*, pudiéndose hallar poco frecuente los tipos de *Klebsiella pneumoniae* y *Citrobacter freundii*. Estas forman parte de coliformes termotolerantes, teniendo como origen el medio ambiente (vegetación, fuentes de agua y suelos) y en pocas ocasiones son parte de la microbiota estándar (Santiago *et al.*, 2012; Badgley *et al.*, 2011).

Aurazo (2004) hace referencia que la presencia de coliformes termotolerantes es un indicador de contaminación fecal originado por animales o humanos, esto debido a que en las heces se encuentran estos microorganismos, que se encuentran en la flora intestinal, de ellos el 90 – 100% son *Escherichia coli*, mientras que en las aguas residuales y aquellas que se encuentran contaminadas el porcentaje es decreciente hasta un 60%.

### **2.6.3. *Escherichia coli***

Es la bacteria perteneciente a la familia *Enterobacteriaceae*, presenta la enzima  $\beta$ -D-Glucoronidasa, la cual se encarga de la degradación del sustrato 4-metilumbiferil- $\beta$ -D-glucoronico (MUG); es la bacteria que está presente en el intestino de animales con sangre caliente y el ser humano (APHA *et al.*, 1989; Aurazo, 2004).

Debido a su especificidad, la OMS (1995) la considera como un índice de contaminación fecal reciente, lo cual evidencia su relación con los desfuegos de agua residual doméstica.

La presencia de estas bacterias al interior del agua indica que podría estar contaminada con residuos fecales de origen humano o animal, estos microorganismos provocan enfermedades patogénicas, causando diarreas, náuseas, retorcijones, cefalea, y otras enfermedades más, estos agentes patológicos representan un factor de riesgo para la salubridad de niños, bebés y para aquellas personas que poseen síntomas inmunológicos gravemente entendidos. Las heces incluyen a *Escherichia coli* (Apha *et al.*, 1989).

#### **2.6.4. Formas parasitarias**

##### **2.6.4.1. Género *Cryptosporidium***

Diversas especies de *Cryptosporidium* son las causantes de la criptosporidiosis, una enfermedad que puede transmitirse entre animales y seres humanos, es de transmisión feco-oral, se encuentran muy distribuidas mundialmente. Las variedades que acusan el 90% de criptosporidiosis en personas en el mundo son *C. parvum* y *C. hominis* (Tosini *et al.*, 2010).

El *Cryptosporidium* posee un ciclo de vida que involucra su reproducción sexual como asexual, llevado a cabo al interior de un hospedero individual en un lapso de dos días. La transmisión se desarrolla a través de los ooquistes, que corresponde a la forma infectante del parásito y, se completa a través de la ruta fecal - oral (Smith y Nichols, 2010; Waldron *et al.*, 2011).

Diversos estudios desarrollados en EE.UU. durante los años 2009 – 2010 sobre epidemiología, los cuales buscaron identificar aquellos agentes que son causales de enfermedades epidémicas relacionadas con aguas recreativas identificaron que, el *Cryptosporidium* spp es el principal agente involucrado en el 42% de los casos registrados, de acuerdo a los resultados obtenidos, aplicados a los usuarios de establecimientos de aguas recreativas tratadas. En posteriores estudios aplicados a usuarios de aguas recreativas, se observaron aumentos de casos de criptosporidiosis, el autor refiere que esto puede deberse al aumento de los registros y manifestaciones de los casos, así como los trabajos de investigación respecto a su origen (Chalmers, 2012; Hlavsa *et al.*, 2014).

#### 2.6.4.2. Género *Naegleria*

Según Pelandakis y Pernin (2002) la *Naegleria fowleri* es de vida libre, que puede hallarse con frecuencia en masas de agua dulce calientes (agua mineral natural, aguas termales, lagunas, balnearios, etc.). *N. fowleri* es un elemento etiológico de la meningoencefalitis amebiana primaria (PAM), patología aguda mortal relacionada al sistema nervioso central.chave

De acuerdo a Chávez *et al.* (2009) tiene un ciclo de vida comprendido en 3 estadios: forma flagelada, trofozoíto y quiste. La forma de trofozoíto tiene un tamaño aproximado de 15 - 25  $\mu\text{m}$ . El citoplasma es finamente granular conteniendo múltiples lisosomas, mitocondrias y vacuolas, la posición de su núcleo es central y contiene un nucleolo central, muy denso y de forma esférica. Por su parte Goudot *et al.* (2012) hace referencia que para el crecimiento y la supervivencia de la *Naegleria*, es fundamental tener condiciones ambientales idóneas, así como el nivel óptimo de temperatura y las bacterias como nutrientes.

#### 2.6.5. *Salmonella sp.*

Son bacterias Gram negativas, aeróbicas facultativas, que pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* y se relacionan con *Escherichia coli*, *Shigella sp.* entre otras bacterias entéricas. Posee características bioquímicas por ser capaz de fermentar la glucosa produciendo ácido y gas; asimismo, tiene el rango de hidrolizar la sacarosa y lactosa. Su temperatura idónea se aproxima a los 37°C siendo fotosensibles de manera relativa, destruyéndose a 60 °C en un lapso de 15 a 20 minutos, así como también no poseen la capacidad de crecer cuando la temperatura está por debajo de los 8 °C. Se encuentran en su mayoría en las aguas residuales sin tratamiento (Henry y Heinke, 1999; Aurazo, 2004).

Madigan y Martinko (2006) mencionan que, con normalidad, estas bacterias ocupan el intestino de algunos animales, pudiendo encontrarse en las aguas residuales. El ser humano puede contaminarse con esta bacteria al consumir alimentos contaminados por los manipuladores de alimentos (contaminación cruzada), así como de productos de origen animal como carnes, leche, huevos y productos cárnicos que provengan de pollos o ganados portadores de salmonellas. Según Henry y Heinke (1999) la salmonella puede causar diferentes cuadros clínicos, como fiebre tifoidea y salmonelosis.

El análisis de *Escherichia coli* (o bien de *coliformes termotolerantes*) indica de manera fiable la existencia o ausencia de *Salmonella sp.* en aguas de consumo (Angulo *et al.*, 1997).

#### **2.6.6. *Vibrio cholerae***

Para Aurazo (2004) es una bacteria Gram negativa, aerobia o anaerobia facultativa, no esporulada, con un flagelo polar móvil, realiza la fermentación de carbohidratos sin producir gas, es oxidasa y no genera hidrogeno sulfurado, manitol, indol, lisina – descarboxilasa positivos. Es común encontrarlos en ambientes marinos, algunos son encontrados en el contenido intestinal de animales marinos, y otros en la superficie. También son encontrados en agua dulce donde su periodo de vida es muy corto, sobreviven unas horas, a diferencia de que el agua se encuentre contaminada con material orgánico y posea un pH entre 6 – 9, en ese entorno sobrevive muchas semanas.

#### **2.6.7. Enterococos intestinales**

La presencia de enterococos intestinales indica que existió una reciente contaminación fecal, tras su detección debería de aplicarse medidas adicionales, realizar monitoreos y la investigación exhaustiva de posibles focos de contaminación, tales como el de un tratamiento inadecuado o las alteraciones sufridas al sistema de distribución (Monis *et al.*, 2009).

#### **2.6.8. *Giardia duodenalis***

*Giardia duodenalis* (*G. lamblia*; *G. intestinalis*) se llama al protozoo flagelado del phylum Sarcomastigophora, el cual es el elemento causante de la giardiasis. Es una parasitosis del intestino delgado proximal, cosmopolita, que se manifiesta con síndromes diarreicos agudos, crónicos o intermitentes. De acuerdo a la nueva sistémica taxonómica que se encuentra basada en registros bioquímicos, genéticos y estructurales, *Giardia* pertenece al phylum Metamonada (Monis *et al.*, 2009).

Se han encontrado brotes de giardiasis transmitidas por aguas con sistemas; en un balneario o piscina, con respecto a este hallazgo se pueden aplicar medidas de control para gestionar el riesgo potencial derivado de este protozoo: aplicar medidas para prevenir contaminantes del agua (usada para el consumo humano) por residuos humanos y animales,

realizando su tratamiento y desinfección adecuada, y protegiéndolo durante su distribución (Ong *et al.*, 1996).

## **2.7. Índice de calidad del agua (ICA)**

Según García (2012) un índice de calidad es un valor cualitativo (representado por un número adimensional) que se le atribuye a un grupo de variables que fueron medidas y agregadas matemáticamente. En términos generales, un ICA expresa la clase del recurso hídrico, con un número único, hallado mediante la integración de las mediciones que se realizaron a determinados parámetros de la calidad del agua, la aplicación de este valor permite una buena y rápida interpretación, reconociendo las tendencias en la calidad del agua en espacio y tiempo.

Como un valor que agrupa de manera simplificada ciertos parámetros que indican el deterioro en la calidad, el ICA permite comunicar y definir el valor de las masas de agua. Para que este índice sea de aplicación práctica, es necesaria la reducción de aquellas grandes cantidades de parámetros más sencillos, sin embargo, durante este proceso de simplificación se deberá prescindir de mucha información (León, 2000).

Los extensos elementos de factores y parámetros afectan la valoración calidad del agua, llevan a que su evaluación pertinente sea una tarea compleja. Esto conlleva a la necesidad de implementar una técnica valiosa que es los índices de calidad del agua (ICA's) para describir el estado general del agua con un solo número de fácil comunicación e interpretación para el público, también ayudará a los responsables en la toma de decisiones. En 1908, se desarrolló y utilizó uno de los primeros ICA, al cual denominaron índice sapróbico, en la cual estimaron el nivel de materia orgánica fácilmente degradable en agua superficial y desde entonces se han desarrollado muchos índices de calidad del agua (Sutadian *et al.*, 2016; Medeiros *et al.*, 2017). Según Torres *et al.* (2009) entre los ICA que se han desarrollado a nivel mundial destaca el de la National Sanitation Foundation (ICA– NSF), desarrollado por Brown *et al.* (1970) para ríos de Estados Unidos, este ICA fue autorizado, empleado y adaptado en diferentes estudios realizados internacionalmente. A partir de este modelo, Dinius (1987) desarrolló un ICA similar, al cual agregó parámetros importantes como: los planteamientos de rangos de clasificación basados en usos específicos, entre los que destacaría el del consumo humano. García (2012) refiere que, a partir de estos estudios realizados, diversos estudios e instrumentos

de control ambiental han ido modificando para ser adaptados a las situaciones específicas de desiguales ecosistemas hídricos.

### 2.7.1. Índice de Calidad del Agua (ICA) propuesto por Dinius (1987)

Según León (2000) en el diseño del ICA de Dinius (1987) se aplicó el método Delphi (aplicado con la finalidad de juntar las opiniones de un grupo de expertos y disgregar las desventajas colaterales de evaluación de un comité; en el que reunió a un conjunto de experimentados en temas medio ambientales, a partir de evaluaciones e interacciones entre ellos, diseñó un ICA de tipo multiplicativo en la cual asignó pesos específicos a doce variables fisicoquímicas y microbiológicas, estableciendo límites o medidas que establece el ICA de acuerdo al uso al que está destinado el recurso hídrico.

De acuerdo a León (2000) para el cálculo del ICA de acuerdo a la propuesta de Dinius (1987) se utilizó la fórmula 1, para lo cual se multiplica los subíndices, colocando los pesos de cada variable como exponentes en cada caso:

#### Fórmula 1:

$$ICA = \prod_{i=1}^n [Q_i^{W_i}] = (Q_1^{W_1})(Q_2^{W_2}) \dots (Q_n^{W_n})$$

Donde  $W_i$  son los pesos específicos asignados a cada parámetro (i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que la sumatoria sea igual a uno.  $I_i$  es la calidad del parámetro (i), en función de su concentración y cuya calificación se encuentra entre 0 - 100. El ICA se obtendrá a través de la operación multiplicativa de las variables  $Q$  elevadas a la  $W$ , considerando las funciones y los pesos relativos como se detallan en el Tabla 1.

Tabla 1. Funciones de los subíndices y pesos relativos de los parámetros del ICA

Parámetro	Función del subíndice ( $Q_i$ )	Peso relativo ( $W_i$ )
Coliformes termotolerantes	$Q_{CTT} = 106*(CTT)^{-0.1286}$	11.6%
OD (% de saturación)	$Q_{OD} = 0.82*(OD) + 10.56$	10.9%
DBO <sub>5</sub>	$Q_{DBO} = 108*(DBO_5)^{-0.3494}$	9.7%
Coliformes totales	$Q_{CT} = 136*(CT)^{-0.1311}$	9.0%
Nitratos	$Q_{NO3} = 125*(NO_3)^{-0.2718}$	9.0%
Conductividad	$Q_{Cond} = 506*(Cond)^{-0.3315}$	7.9%

Parámetro	Función del subíndice ( $Q_i$ )	Peso relativo ( $W_i$ )
Temperatura	$Q_T = 10^{2.004 - 0.0382(\Delta T)}$	7.7%
	Si $6.9 \leq \text{pH} \leq 7.1$ : $Q_{\text{pH}} = 100$	
pH	Si $\text{pH} < 6.9$ : $Q_{\text{pH}} = 10^{0.6803 + 0.1856(\text{pH})}$	7.7%
	Si $\text{pH} > 7.1$ : $Q_{\text{pH}} = 10^{3.65 - 0.2216(\text{pH})}$	
Cloruros	$Q_{\text{Cl}} = 391 * (\text{Cl})^{-0.3480}$	7.4%
Dureza	$Q_{\text{Dur}} = 552 * (\text{Dur})^{-0.4488}$	6.5%
Alcalinidad	$Q_{\text{Alc}} = 110 * (\text{Alc})^{-0.1342}$	6.3%
Turbiedad	$Q_{\text{Turb}} = e^{(4.561 - 0.0196\text{Turb})}$	6.3%

Fuente: LEÓN (2000) adaptado de Dinius (1987)

OD: oxígeno disuelto; DBO<sub>5</sub>: demanda bioquímica de oxígeno en 5 días; pH: potencial de hidrógeno

León (2000) no especifica un número exacto de parámetros para determinar el ICA, sin embargo, recomienda un mínimo de cuatro. Dado que en muchas ocasiones existe una escasez de datos en un monitoreo, la metodología de Dinius considera que, dada la inexistencia de alguno o varios de los parámetros, su peso específico o relativo se distribuye proporcionalmente entre los restantes, excluyéndolo del operador multiplicativo al estimar el ICA. Dinius (1987) determinó los rangos de calificación del ICA en relación al uso del agua (agua potable, agricultura, pesca, industrial, recreación). Se muestra los rangos del ICA para el uso recreacional del agua.

Tabla 2. Clasificación del ICA en función al uso recreacional

Rango ICA	Edo	Símbolo	Uso recreativo
70-100		E	Cualquier tipo de deporte acuático
50-70		A	Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.
40-50		LC	Dudosa para contacto con el agua
30-40		C	Evitar contacto, sólo con lanchas.
20-30		FC	Contaminación visible, evitar cercanía
0-20		EC	Inaceptable para recreación.

Fuente: LEÓN (2000) adaptado de Dinius (1987)

De manera adicional a los lineamientos presentados es necesario realizar un análisis individual de cada una de las calificaciones de los parámetros con el objetivo de conocer si el deterioro se debe a la elevada presencia de nutrientes, a la poca presencia de oxígeno, a la excesiva presencia de bacterias riesgosas para la salud, entre otros. Asimismo, es de importancia mencionar que a esta evaluación debe asistirse los valores que indiquen los límites permisibles de los parámetros utilizados en el cálculo, así como de aquellos que no se consideraron, dada la posibilidad de tener un valor admisible del ICA acompañado de concentraciones de elementos dañinos que superen estos límites permitidos (León, 2000).

### 2.7.2. Selección de parámetros

Según García (2012) pueden seleccionarse entre dos o varias variables, teniendo en cuenta a los que brinden la mayor cantidad de información sobre los cambios en la calidad del agua y su impacto en los distintos usos. Es recomendable la elección de parámetros de diversas categorías de clasificación ambiental, cubriendo todas las áreas que permitan determinar probables cambios en la calidad del agua. En el siguiente Tabla se muestra la clasificación de parámetros de acuerdo a cinco categorías ambientales.

Tabla 3. Variables consideradas en un ICA

<b>Categoría</b>	<b>Parámetros a considerarse</b>
Nivel de oxígeno	OD, DBO, DQO
Eutrofización	NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , fosfatos
Aspectos de salud	Coliformes totales y fecales
Características físicas	Temperatura, transparencia, sólidos totales
Sustancias disueltas	Cloruros, sulfatos, pH, conductividad

Fuente: SAMBONI *et al.* (2007)

## 2.8. Marco normativo para la evaluación de la calidad de agua de uso recreacional

### 2.8.1. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D.S. N° 004-2017-MINAM

Documento normativo que agrupa las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental

(ECA) para Agua. Esta recopilación presenta modificaciones y elimina ciertos niveles, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y conserva otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos (MINAM, 2017). En nuestro país, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental clasifican los cuerpos de agua, ya sean continentales o marinos, respecto a su uso, ya sean terrestres o marítimos. Teniendo esta consideración, para evaluar la calidad de las aguas del río Barranco en el centro poblado de Supte San Jorge, se considera como referencia la siguiente clasificación propuesta por el MINAM (2017)

En el Tabla siguiente se presenta los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para el agua de uso recreacional, aprobados por las autoridades ambientales en nuestro país.

Tabla 4. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
<i>Microbiológicos y parasitológicos</i>			
CTT	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella sp.</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia
<i>Físicos- químicos</i>			
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
DBO <sub>5</sub>	mg/L	5	10
DQO	mg/L	30	50

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO <sub>3</sub> --N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO <sub>2</sub> --N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 5	≥ 4
pH	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
<b><i>Inorgánicos</i></b>			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**

Fuente: MINAM (2017)

CTT: Coliformes termotolerantes; DBO<sub>5</sub>: demanda bioquímica de oxígeno en 5 días; DQO: demanda química de oxígeno; pH: potencial de hidrógeno

UNT: Unidad nefelométrica de turbiedad; NMP: número más probable; \*\*: parámetro no relevante

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Descripción de la zona de estudio**

La presente investigación se efectu

ó en la región Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito de Rupa Rupa, en el centro poblado de Supte San Jorge específicamente en el balneario Río Barranco, que se ubica a 2.5 km al noreste de la ciudad de Tingo María a la margen derecha de la carretera Fernando Belaunde Terry.

### **3.1.1. Antecedentes**

Según Rosales (2000) la denominación de Supte Chico proviene de la palabra “Suptillo” que tiene significado en el idioma nativo como “gusano chico”. También el origen del nombre de su río viene de la propia palabra. Su segundo nombre es en homenaje a Jorge Chocano, ex diputado por el departamento de Huánuco. Al tener atribución departamental, el ex diputado apoyó a las familias más necesitadas ubicándolas en lotes de terreno de lo que fue la hacienda ocupada por los colonos europeos de orígenes belgas.

### **3.1.2. Características geográficas y climáticas**

El centro poblado de Supte San Jorge se ubica en el flanco oriental de la Cordillera de los Andes, sus coordenadas son 65° 33' de longitud Oeste y 9° 09' de latitud Sur, a una altitud de 670 m.s.n.m. y a 4 kilómetros de la ciudad de Tingo María (Pastor, 2015).

De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge (1982), la zona de estudio pertenece a la formación de bosque muy húmedo Pre montano Tropical (bmh - PT), donde se instalan y plantan vegetales de tropico de mucha importancia medicinal, alimenticia, y comercial, como también de una variada diversidad florística y faunística.

Su clima es cálido y húmedo, para el año 2015 se alcanzaron temperaturas máximas de 34.5°C y mínimas de 24°C, una humedad relativa de 77.5% y una precipitación acumulada hasta el mes de octubre de 2622 cc. El calor es intenso en el día y disminuye en la noche. Sus periodos estacionales son variados, teniéndose el invierno comprende los meses de octubre a marzo y el verano desde abril a setiembre (Pastor, 2015; SENAMHI, 2015).

### **3.1.3. Hidrografía**

La principal red hidrográfica que tiene el centro poblado de Supte San Jorge está definida por el río Supte Grande tributario para el río Huallaga. El río Barranco es afluente del río Supte Grande. En épocas con altas precipitaciones los ríos y afluentes incrementan su caudal, que comprenden de los meses que inician en octubre hasta abril, las personas que

habitan en las riveras de ríos y riachuelos están siempre a la expectativa de lo que va a suceder y tomar ciertas cautelas oportunas del caso; al incrementarse el caudal del río arrastra todo lo que se encuentre en su paso, destruyendo las viviendas y sembríos de los campesinos (GOREHCO, 2014; Pastor, 2015).

#### **3.1.4. Características socioeconómicas**

La población de Supte San Jorge se dedica, casi en su mayoría, a la agricultura, a los sembríos que hacen la función de pan, como son: plátano, yuca, maíz, frutas como son: papaya, naranja, zapote, crianzas pequeñas como son: cuy, conejo, pollos, patos, ovinos y vacunos en chica cantidad. Según las proyecciones

El INEI (2017) detalla que, de acuerdo al último censo nacional, el centro poblado de Supte San Jorge cuenta con 5,038 pobladores de los cuales 2,413 son varones y 2,625 mujeres, las cuales se hallan distribuidas en 1,972 viviendas.

### **3.2. Material y métodos**

#### **3.2.1. Materiales, equipos y reactivos**

Se utilizaron materiales, insumos y equipos del laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, durante la recolección y transporte de las muestras, así como para el análisis y determinación de los parámetros en laboratorio, según la metodología empleada. Durante la georreferenciación se utilizaron mapas y fotografías aéreas de la zona para determinar los puntos de muestreo; así como equipos de receptor GPS (Garmin 62s) y brújula (SUNTO) para la geoubicación en el terreno.

##### **3.2.1.1. Equipos**

Peachímetro HANNA HI 9024C, agitador magnético modelo Q307-22P, mufla Thermolyne tipo F1300, balanza analítica marca Sartorius modelo Cubis, termómetro, incubadora modelo LI20, equipos de titulación, espectrofotómetro HANNA modelo SQ2800, cubeta de 1 cm de camino óptico, autoclave Chamberland modelo 100, incubadora a 37 °C marca OLBA, pipetas de 1 ml, 2 ml, 5 ml y 10 ml; fiolas de 25 ml, 50 ml, 100 ml; botellas de incubación para DBO de 250 a 300 ml de capacidad, bureta, pipetas, matraz Winkler de 250 ml, matraz Erlenmeyer de 100 ml y 250 ml, varilla de vidrio, piseta, vasos de precipitación de 50 ml, 100 ml, 150 ml y 250 ml; probeta, embudo, crisoles, papel filtro cuantitativo Watman

N° 42, rejilla, oxímetro, cuaderno, botas, canoa, frascos de vidrio de 500 ml, cámara digital, cinta métrica de 10 m, equipo de cómputo y machete.

### 3.2.1.2. Reactivos

Solución patrón de KCL 0.01M, solución tampón de fosfato (disolver 0.425 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 1.0875 g de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 1.67 g de  $(\text{Na}_2\text{HPO}_4)7\text{H}_2\text{O}$  y 0.085 g de  $\text{NH}_4\text{CL}$ ; diluir a 25 ml, pH de 7.2), solución de dicromato potásico  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0.1 N, solución de hidróxido de sodio  $\text{NaOH}$  0.1 N, solución de ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.1 N, solución stock de nitratos (disolver 0.7218 g de  $\text{KNO}_3$ , aforarlo a 1L y preservarlo con 2 ml de cloroformo), solución patrón de nitrato (1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L), solución de ácido clorhídrico  $\text{HCL}$  1.0 N, disolución patrón de sulfato de 1.0 g/L (disolver 1.81 g de sulfato de sodio anhidro y aforarlo a 1 L), cloruro de bario en cristales, agua de peptona, agua destilada, caldo lactosado verde brillante, agar rojo violeta y brillante bilis.

### 3.2.2. Metodología

#### 3.2.2.2. Estaciones de muestreo

En base a la concurrencia de bañistas, durante la primera semana de ejecución se realizó la georreferenciación de los sitios donde se recolectaron las muestras. Se consideró dos puntos de análisis: la poza de la parte baja y la poza de la parte alta. Estos puntos están ubicados políticamente en el centro poblado Supte San Jorge siendo sus coordenadas geográficas las siguientes (para mayor detalle ver Anexo C):

Tabla 5. Coordenadas UTM (WGS 84 18 Sur) de los puntos de muestreo

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>	<b>Altitud (m.s.n.m.)</b>
1	395 825	8 973 724	676
2	394 166	8 973 585	642



Figura 1. Imagen satelital con la ubicación de los puntos de muestreo

### 3.2.2.3. Toma de muestras

Los métodos para la toma de muestras se realizaron de acuerdo a la propuesta de la APHA *et al.* (2005). Para el análisis microbiológico; se utilizaron frascos de vidrio esterilizados de boca ancha con tapa, de 1.2 L de capacidad; durante la colección de muestras, los recipientes se enjuagaron con abundante agua del mismo lugar y consecutivamente se sumergió de manera diagonal con ángulo de  $30^\circ$  a 20 cm. de profundidad, las bocas de los frascos se posicionaron en sentido opuesto a la corriente del agua natural. Luego, las muestras se etiquetaron y se acondicionaron para ser trasladados al laboratorio de microbiología de la UNAS. Los análisis fisicoquímicos se efectuaron *in situ*, a excepción del análisis de  $DBO_5$ , para lo cual se utilizó frascos de vidrio con cubiertas oscuras de 1 L.

Se realizó un muestreo compuesto, teniéndose 2 muestras simples de agua recolectadas en dos horas del día (11 am y 4 pm), en cada uno de los dos puntos que se encuentran a una distancia aproximadamente de 2.2 km siguiendo la corriente del río. Se realizaron 2 repeticiones al mes, en los meses de junio, julio y agosto (un miércoles y un domingo) durante tres meses, teniéndose 24 muestras analizadas (Tabla 6).

Tabla 6. Número de muestras recolectadas por punto de muestreo y por día de recolección

Referencia	Puntos de muestreo	Días	N° de muestras	N° de repeticiones (meses)	Total de muestras
Zona alta	P <sub>1</sub>	Domingo	2	3	6
		Miércoles	2	3	6
Zona baja	P <sub>2</sub>	Domingo	2	3	6
		Miércoles	2	3	6

#### 3.2.2.4. Parámetros a evaluarse

- **Coliformes totales (CT), coliformes termotolerantes (CTT) y *Escherichia coli***

Se utilizó el método 9221 de la APHA *et al.* (1989), basado en el principio del número más probable (NMP) con serie de tres tubos; este método de análisis establece una metodología para la verificación de *Escherichia coli* en aguas, a partir de los coliformes totales determinados por (NMP) mediante el método de los Tubos Múltiples y en las siguientes etapas:

**Etapa presuntiva:** Se utilizaron tres diluciones ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$ ) a partir de la muestra original de agua, cada dilución con una serie de tres tubos o repeticiones conteniendo caldo *E. coli*. Dentro de cada tubo se colocó un tubito de Durham invertido para la captura de gas. Cada serie de caldo *E. coli* recibió 1ml de alícuota de respectivas dilución, se incubaron a una temperatura de 37°C por un promedio de 24 a 48 horas. La producción de gas en los tubos Durham verifica la presencia de coliformes totales (CT).

**Etapa de confirmación:** De los tubos positivos de la prueba anterior, se tomó una avanzada como inóculo y se sembró en tubos con 9ml de caldo E.C. (*E. coli*), también se colocaron tubitos Durham para la verificación nuevamente de la producción de gas. Se incubaron a una temperatura de 44.5°C por un periodo de 24 a 48 horas. Para determinar el índice Numero Más Probable (NMP) se utilizó la fórmula siguiente, considerándose para ello los tubos que dieron positivos al gas.

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

Para confirmar la presencia de coliformes se utilizaron tubos con caldo lactosado y con tubos de Durham invertidos, se tomó una asada de los tubos de drilla que dieron positivos a gas y se repicaron en caldo lactosa, se incubaron de 24 a 48 horas a una temperatura de 35 °C o 37°C, se determinó el NMP para confirmar el índice indicado.

**Prueba completa:** Se sembraron en medios sólidos del agar EMB, agar ENDO y agar MAC CONKEY, se incubaron por 24 horas a 37°C; la aparición de colonias lactosas positivas fueron señal positiva de la presencia de coliformes.

**Etapas completas:** Para determinar el desarrollo de colonias típicas de Coliformes y de *Escherichia coli*, de los tubos de caldo E.C. se repicaron por estrías y agotamiento sobre placas conteniendo el medio Eosina Azul de metileno (EMB), después de incubarse durante 24 horas a 37°C, se repicaron sobre medio de identificación bioquímica diferencia de Indol (I), rojo de metilo (RM), Voges Proskauer (VP) y Citrato (CIT), constituyentes de la prueba del IMVIC, para identificar la presencia de *E. coli*. Los resultados con: Indol + ó -, RM +, VP -, Cit. -. TSI A/A gas + H<sub>2</sub>S es evidencia de la presencia *Escherichia coli*.

- **Formas parasitarias y *Giardia duodenalis***

Se aplicó el método Ziehl Nelsen (*Cryptosporidium parvum*, *Naegleria floweri*, amebas y *Giardia duodenalis*) para identificar a protozoarios patógenos en el agua. Para ello se centrifugó a 150 rpm por 15 a 20 minutos, de 10 a 20 ml de agua recién recolectada.

- Cuidadosamente se eliminó el sedimento y se suspendió con la misma cantidad de suero fisiológico (S.F.). Posterior a esto, nuevamente se centrifugó por 15 a 20 minutos a 1500 rpm.
- Se eliminó el sobrenadante y el sedimento se suspendió en 2 ml de formol al 10 %. Se centrifugó de 1 a 5 minutos a 1500 rpm.
- Nuevamente se eliminó el sobrenadante y se suspendió el sedimento con el suero fisiológico durante 1 minuto, esta solución se dejó reposar por 5 minutos.
- Con una pipeta pauster se agregó de 2 a más gotas de la alícuota de la superficie de la suspensión en reposo sobre un portaobjeto, luego se realizó una extensión (frotis) y se fijó al calor.
- Se efectuó una coloración según la metodología Ziehl Nelsen, coloración alcohol - ácido resistente.

**Coloración Ziehl Nelsen:** Se agregaron de 2 a 3 gotas de colorante de fucsina básica fenolada (FDF) sobre el portaobjetos con el frotis de la muestra, se sometió a fuego de mechero. Cuando se observó la aparición de vapores se retiró del fuego y se deja enfriar. Posteriormente se sometió nuevamente el portaobjeto con el frotis con colorante al fuego de mechero hasta la aparición de nuevos vapores. Se repitió este proceso una vez más, sin pasarse de los 5 minutos en el tiempo de aparición de los tres vapores (técnica de tres humos).

Se dejó enfriar la barra chorro de agua, luego se agregó de 1 a 2 ml de decolorante alcohol - ácido (etanol + HCL) sobre la extensión, a través de movimientos de vaivén se lavó a chorro de agua para después dejar secar al aire. A esto se agrega colorante azul de metileno (AM), después de dejar actuar por 30 segundos, se lava a chorro de agua, se seca al aire con la llama del mechero. Se colocó una gota de aceite de cedro y se observó a 1000 X.

- **Enterococos intestinales**

Se tomó 10 ml de la muestra de agua y se llevó a un matraz con 90 ml de caldo peptonado al 0.1%; se realizaron diluciones de  $10^{-1}$   $10^{-2}$   $10^{-3}$  en tubos de prueba con 9 ml de caldo peptonado. De la última dilución se tomó un inóculo de 0.25 – 0.5 ml y se sembró por estrías por duplicado en placas con superficie de agar Packer. Esto se llevó a incubar en placas sembradas a 37°C por 24 a 72 horas, la presencia de colonias de color violeta o purpuras evidencia la presencia de enterococos, cuyo recuento se realizará de acuerdo a la siguiente fórmula.

ml agua = # de colonias x el inóculo de siembra por el factor de dilución.

- ***Salmonella sp***

La detección de *Salmonella sp.* se realizó en las siguientes etapas:

**Una etapa de pre-enriquecimiento:** Para ello se tomó 10 – 25 ml, se llevó a un matraz con 90 – 225 de caldo peptona al 1%, esta solución se incubó a 37°C de 24 – 48 horas. Luego se realizará la siembra en los caldos Tetracionato y caldo Cistina–Selenito, los matraces se incubaron con los medios entre 42 – 43 °C por 24 a 48 horas.

**Enriquecimiento selectivo:** Se realizó la siembra en placas con: Agar verde brillante, con rojo fenol (VBRF) y/o Agar sulfito de bismuto (SB), y/o Agar *Salmonella Shiguella* (SS). Se realizó una incubación de 24 horas a una temperatura de 37 °C luego se verificó la presencia de colonias a través de la lactosa negativa o incolora a veces de color rosas o rojo, translúcidas, a veces opacas. Algunas colonias presentaron el centro oscuro.

**Confirmación presuntiva:** Las colonias sospechosas con presencia de *Salmonella sp* se repicaron en TSI. El burbujeo de la K/A gas, el resultado positivo de H<sub>2</sub>S (color negro) presume la presencia.

**Confirmación bioquímica:** La confirmación bioquímica se realizó con repiques sobre medios de identificación bioquímica: Indol -, RM +, VP -, Urea -, Citrato +, LIA descarboxilación positiva (color púrpura).

**Confirmación serológica:** La confirmación serológica se realizó con antisueros polivalentes contra flagelos (Ag H) pared (AgO) y cápsula (AgVi).

- ***Vibrio Cholerae***

Se tomaron 25 ml de aguas de las muestras y se condujeron a un matraz con 225 ml de (NaCl) al 3 %. Esta solución se incubó a 37°C por 24 - 48 horas y se hicieron soluciones de 10<sup>-1</sup> hasta 10<sup>-3</sup>. De la solución de NaCl se realizarán inoculaciones en tubos de GSTB, concentraciones simples de caldo TEEPOL, sal y glucosa (GSTB).

Luego, se realizó un subcultivo en Agar sucrosa sal biliar, citrato y tiosulfato (TCBS), se incubó de 24-48 horas a 35 – 37°C por 24 si es que existía presencia de colonias redondas mucoides amarillas de 2 a 3 mm con centro azul o verde. Para la enumeración se utilizó la tabla de NMP. Los ensayos bioquímicos se replicaron en TSI álcali sin gas H<sub>2</sub>S, NaCl (1%-, 6%+, 8%+ y 10%-), crecimiento a 37°C, indol+, VP-, motilidad +.

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

Se aplicó la metodología de dilución, a 20 °C durante cinco días, de acuerdo a la propuesta del APHA *et al.* (2005). La muestra permaneció a 20°C en un periodo de cinco días, luego se hizo la medición del oxígeno suelto por el metodología electrométrica, antes y después de la incubación.

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Se aplicó el método Electrométrico *in situ* (potenciómetro ETECH modelo 407227), de acuerdo a los procedimientos explicados por el APHA *et al.* (2005).

- **Oxígeno disuelto (OD)**

Se aplicó el método Electrométrico (oxímetro OD HANNA HI 9146). Esta medición se realizó en laboratorio, agitándose por un periodo de dos minutos garantizándose

una velocidad continua del fluido. Después de calibrar el equipo se quita la tapa protectora, posteriormente se introdujo la punta de la sonda para analizar la muestra y asegurando que el sensor de temperatura esté sumergido en la muestra. De esta manera la medición fue exacta, se consideró dejar un tiempo apropiado para que se dé lugar del equilibrio térmico de la sonda y la muestra, pudiéndose realizar la lectura.

- **Turbiedad**

Se aplicó el método Nefelométrico, *in situ* (turbidímetro Hach 2100P), considerando los procedimientos de la APHA *et al.* (2005).

### 3.2.2.5. Determinación de los parámetros de evaluación

Para la selección de algunos parámetros a evaluarse en las muestras de agua se consideró lo mencionado por García (2012) quien refiere que se debe seleccionar de dos o varios parámetros, teniendo en cuenta aquellos que conlleven a dar la mayor cantidad de información de los cambios en calidad del agua y su efecto en distintos usos. Por lo que se seleccionó los parámetros de 03 categorías de clasificación ambiental (Tabla 7).

La medición del nivel de los principales caracteres microbiológicos, parasitológicos y fisicoquímicos del agua en dos puntos del río Barranco se determinaron a través de análisis realizados en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, basándose en la propuesta de la APHA *et al.* (1989, 2005).

Tabla 7. Parámetros seleccionados para la evaluación de calidad de agua del río Barranco

Categoría	Parámetros considerados
Nivel de oxígeno	OD, DBO <sub>5</sub>
Aspectos de salud	Coliformes totales, coliformes termotolerantes, <i>E. coli</i> , formas parasitarias, enterococos intestinales, <i>V. cholerae</i> , <i>Salmonella sp</i> y <i>Giardia duodenalis</i>
Características físicas	Turbiedad
Sustancias disueltas	pH

OD: Oxígeno disuelto; DBO<sub>5</sub>: Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días; pH: potencial de hidrógeno

El trabajo en laboratorio sirvió para determinar el nivel de los parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos según el ECA (Tabla 1) como son: coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, formas parasitarias, *Giardia duodenalis*, enterococos intestinales, *Salmonella sp* y *Vibrio cholerae*. El análisis consideró también la evaluación de caracteres fisicoquímicos como: demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD) y temperatura (T°) para poder determinar así, el índice de calidad del agua (ICA) de acuerdo a la metodología propuesta por Dinius (1987).

### 3.2.2.6. Determinación de la calidad del agua del río Barranco

Una vez analizadas las muestras de agua se procedió a comparar los resultados obtenidos con el nivel de los ECA (D.S. N°004 – 2017 - MINAM), para categoría 1 y subcategoría B respectivamente; considerando para ello los valores mostrados en el Tabla 4.

- **Determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA)**

Para la clasificación de la calidad del agua del río Barranco se calculó el ICA de Dinius (1987); método que se utiliza para determinar las condiciones de calidad y que se desarrolla en diversos estudios a nivel nacional e internacional, siendo factible su empleo en aguas de condiciones tropicales. Para el cálculo del ICA se utilizó la fórmula 1, las funciones de los subíndices y las ponderaciones para cada parámetro designado (Tabla 8).

#### Fórmula 1:

$$ICA = \prod_{i=1}^n [Q_i^{W_i}] = (Q_1^{W_1})(Q_2^{W_2}) \dots (Q_n^{W_n})$$

Tabla 8. Funciones de los subíndices y pesos relativos de los parámetros seleccionado para el cálculo del ICA en el río Barranco

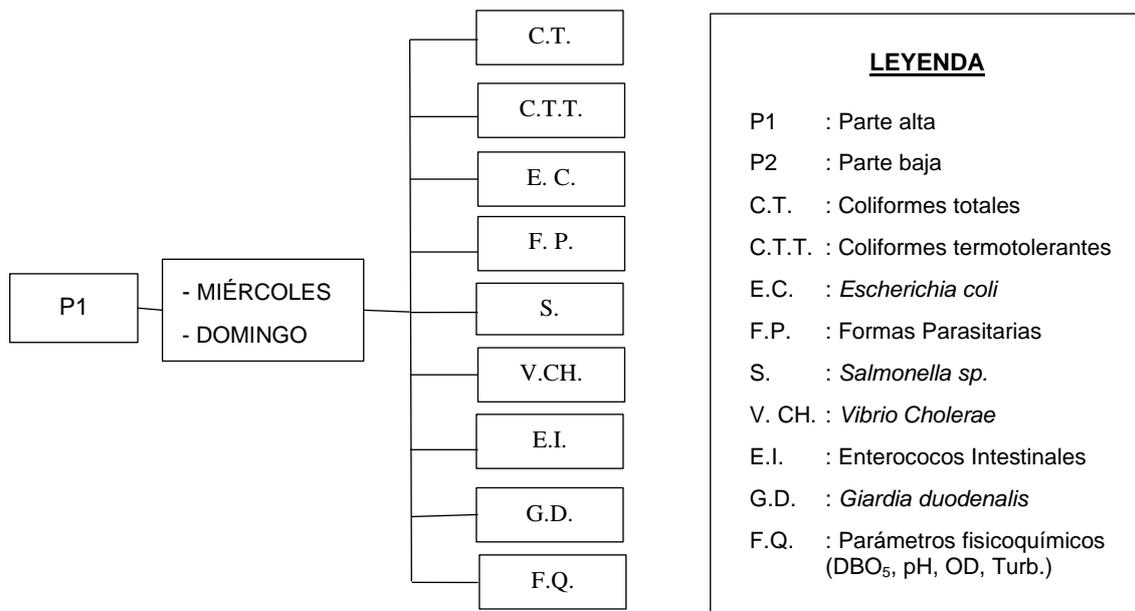
Parámetro	Función del subíndice (Q <sub>i</sub> )	Peso relativo (W <sub>i</sub> )
Coliformes totales	Q <sub>CT</sub> = 136*(CT) <sup>-0.1311</sup> Si CT > 10 <sup>5</sup> / 100 ml, Q <sub>CT</sub> = 2	16.5%
Coliformes termotolerantes	Q <sub>CTT</sub> = 106*(CTT) <sup>-0.1286</sup> Si CTT > 10 <sup>5</sup> / 100 ml, Q <sub>CTT</sub> = 2	19.1%
OD (% de saturación)	Q <sub>OD</sub> = 0.82*(OD) + 10.56	18.4%

Parámetro	Función del subíndice ( $Q_i$ )	Peso relativo ( $W_i$ )
	Si % OD > 140, $Q_{OD} = 5$	
DBO <sub>5</sub>	$Q_{DBO} = 108 * (DBO_5)^{-0.3494}$ Si DBO <sub>5</sub> > 30 mg/L, $Q_{DBO} = 2$	17.2%
pH	Si $6.9 \leq \text{pH} \leq 7.1$ : $Q_{\text{pH}} = 100$ Si $\text{pH} < 6.9$ : $Q_{\text{pH}} = 10^{0.6803 + 0.1856(\text{pH})}$ Si $\text{pH} > 7.1$ : $Q_{\text{pH}} = 10^{3.65 - 0.2216(\text{pH})}$	15%
Turbiedad	$Q_{\text{Turb}} = e^{(4.561 - 0.0196\text{Turb})}$ Si Turbiedad > 100, $Q_{\text{Turb}} = 5$	13.8%

Fuente: LEÓN (2000) adaptado de Dinius (1987)

### 3.2.2.7. Diseño de investigación

Se aplicó un diseño descriptivo longitudinal del estudio de calidad de agua de los 2 puntos de muestreo, donde se determinará los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos-parasitológicos.



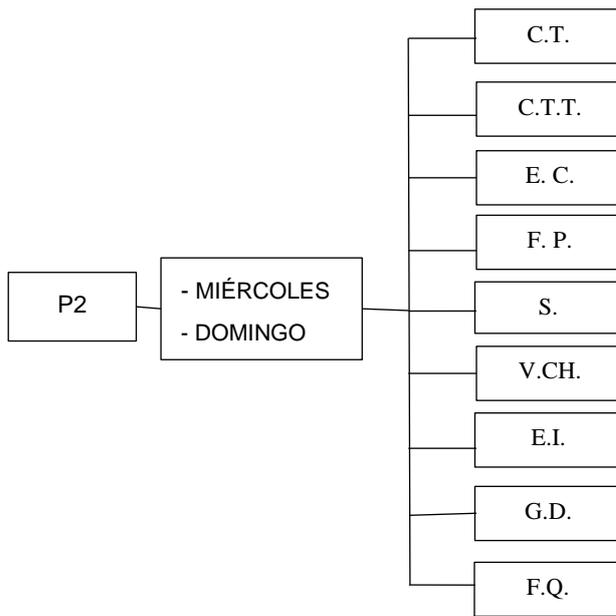


Figura 2. Diseño de la investigación

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetros físicos-químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua del río Barranco

#### 4.1.1. Análisis descriptivo de los parámetros fisicoquímicos

Los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos para evaluar la calidad del agua del río Barranco para uso recreativo, considerando la hora, el punto y el mes de muestreo, se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos

Parámetro fisicoquímico	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	pH	OD (mg/L)	Turbiedad (UNT)	Temperatura (°C)
<b>Hora de evaluación</b>					
11 am	4.18	7.94	7.79	62.77	27.25
4 pm	4.49	8.01	7.64	63.25	27.58
<b>Punto de evaluación</b>					
P1	4.17	7.88	7.89	58.00	26.86
P2	4.50	8.07	7.53	68.03	27.98
<b>Mes de evaluación (repetición)</b>					
1	4.01	8.12	7.72	62.63	27.49
2	4.34	7.91	7.58	63.19	27.68
3	4.65	7.91	7.83	63.21	27.09

Fuente: Elaboración propia (2019)

DBO<sub>5</sub>: Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días; pH: potencial de hidrógeno; OD: oxígeno disuelto

P1: Parte alta; P2: parte baja

En la figura 3 se muestra la variación entre los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Barranco considerando la hora de recolección de las muestras. Se puede apreciar en todos los parámetros, que las muestras tomadas a las 4 pm muestran una ligera superioridad con las recolectadas por la mañana; a excepción del oxígeno disuelto, el cual muestra un ligero mayor valor en la mañana (7.79 g/ml) en comparación con el de la tarde (7.64 g/ml).

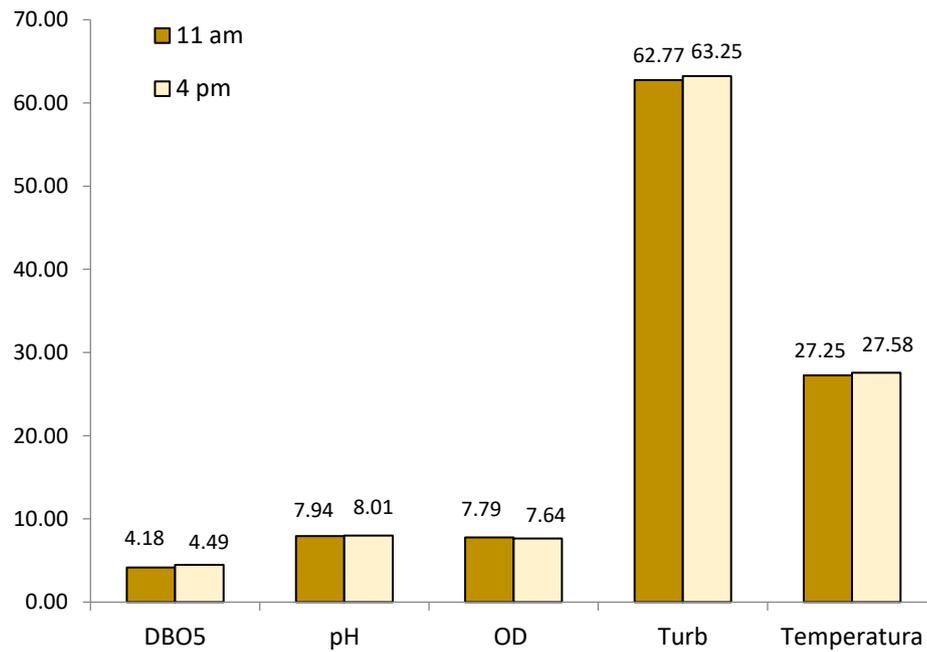


Figura 3. Variación del promedio de los parámetros fisicoquímicos según la hora de monitoreo

En la variación de los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Barranco considerando el punto de muestreo se puede apreciar que, a excepción del oxígeno disuelto (OD), en todos los parámetros, los valores encontrados son mayores en la parte baja que en la alta, evidenciándose mejores condiciones fisicoquímicas en la parte donde se concentra menos la población (Figura 4). En la figura 5 se aprecia la variación de los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Barranco en las tres repeticiones (meses). Se aprecian valores similares en cada repetición, existe una ligera superioridad en los valores del segundo mes de evaluación respecto a la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), turbiedad y temperatura; para el oxígeno disuelto (OD) el mayor registro (7.83 mg/L) se registra en el mes 03 de evaluación. El mayor valor del potencial de hidrógeno (pH) se registra en el mes 01 (8.12).

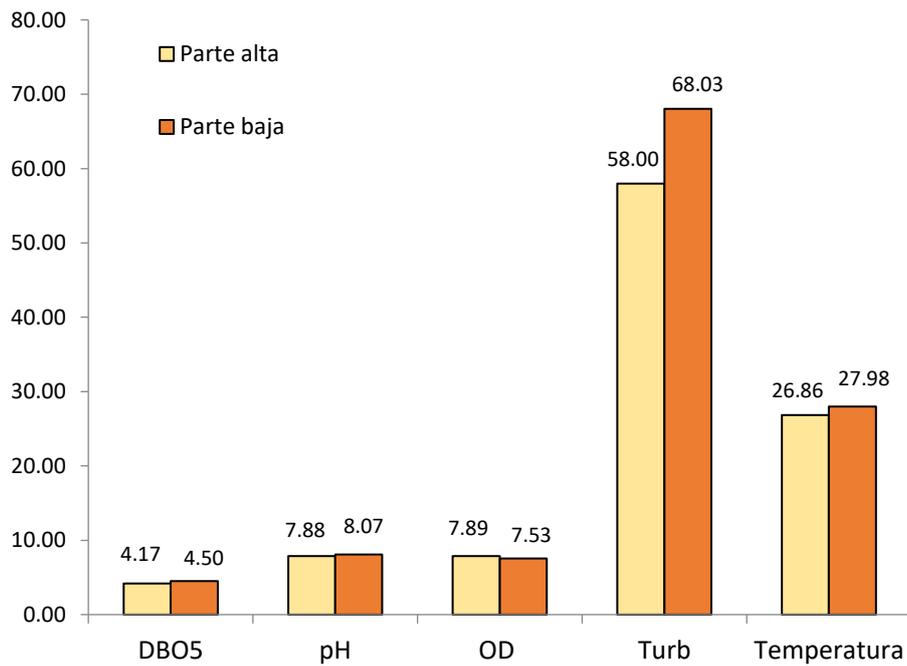


Figura 4. Variación del promedio de los parámetros fisicoquímicos según el punto de muestreo

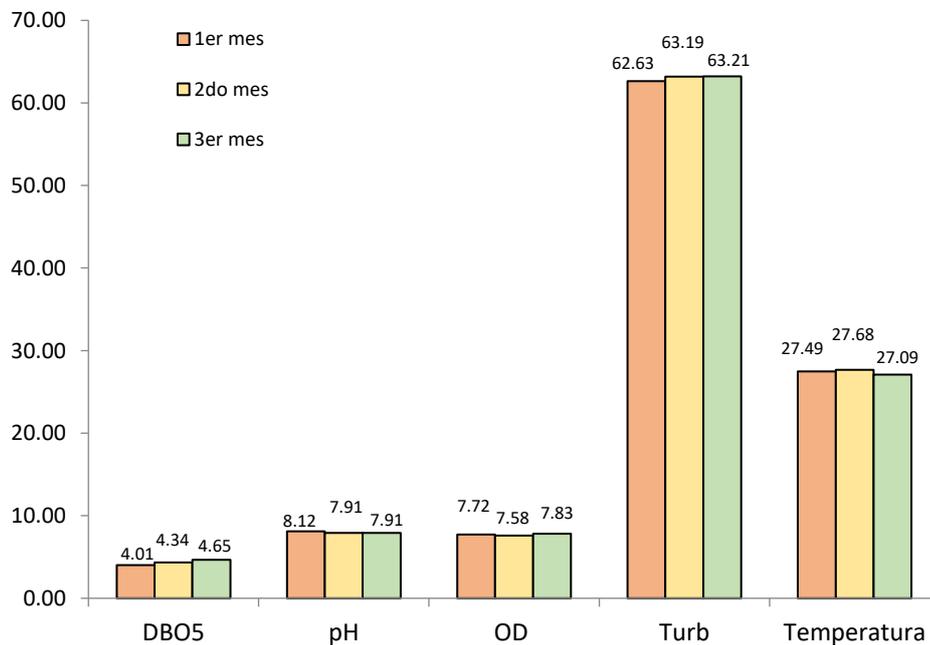


Figura 5. Variación del promedio de los parámetros fisicoquímicos según el tiempo de evaluación

El valor promedio del DBO<sub>5</sub> durante todo el experimento fue de 4.33 mg/L y del oxígeno disuelto de 7.71 g/mL; medidas que se encuentran dentro del límite propuesto por los

ECA's y que detallan la amplia disponibilidad del oxígeno en las aguas del río Barranco que hacen posible la vida de diversos organismos acuáticos. Romero (1998) refiere que este nivel de oxígeno es un indicativo para aguas de buena calidad. Según Kiely (1999) la ausencia de oxígeno indica una intensa contaminación, dado que cualquier perturbación que reduzca los niveles de este elemento afectará el funcionamiento de las comunidades y ecosistemas acuáticos. Según la CAN (2008) las condiciones aeróbicas favorecen la diversidad de especies, las que pueden subsistir a concentraciones superiores a 4 mg/L, por ello puede decirse que las aguas del río Barranco presenta una aceptable cantidad de oxígeno disuelto.

Para el caso del potencial de hidrógeno (pH) el agua presentó un valor representativo de 7.98, medida que muestra a un agua ligeramente alcalina y que es aceptada por los estándares de calidad. De acuerdo a López *et al.* (2016) este nivel del pH es apto para el desarrollo de la vida acuática; esta medida puede variar según los distintos tipos de vertidos que reciban los cuerpos de agua, el experimento muestra valores para el pH desde 7.1 – 8.7, pudiéndose interpretar que existe diferentes puntos donde se segregan sustancias que cambian el nivel de este parámetro. Por otro lado, los niveles obtenidos en el muestro pueden deberse a la presencia de organismos fotosintéticos que secuestran el CO<sub>2</sub> para la reacción de fotosíntesis, puesto que se alcanza valores cercanos a 9, partiendo de 7-7.5; así como lo refiere Rolim (2000).

El nivel promedio de turbiedad en las 24 muestras fue de 63.01 UNT, parámetro físico regulado para el uso recreativo de los cuerpos de agua, que según López *et al.* (2016), en conjunto con la transparencia, color y pH, pueden dar una idea general de la calidad del agua. No se conoce si la turbiedad generada por partículas coloidales tiene efectos directos sobre la salud humana pero ciertamente afecta la calidad estética del agua; en la presente investigación este parámetro se utilizó, también, para poder determinar el índice de calidad del agua (ICA).

Para el caso de la temperatura, las 24 muestras de agua muestran una temperatura promedio de 27.42°C; si bien no es un parámetro relevante para determinar la calidad del agua, la temperatura, de acuerdo a la OPS (2012) influye en la disponibilidad de otros parámetros puesto que es un factor que acelera y ralentiza diversas reacciones dentro del agua. Cabe mencionar también a Canter (2000), puesto que los niveles de la temperatura influyen en el desarrollo de la vida acuática y en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas; así, puede referirse que los niveles de temperatura encontrados detallan una buena predisposición de organismos y de procesos químicos. Existen variaciones que van desde

24.5 – 29.5°C, puesto que las muestras se recolectaron en dos horarios diferentes donde las condiciones climáticas y la exposición a los rayos solares difieren.

#### **4.1.2. Análisis descriptivo de los parámetros microbiológicos y parasitológicos**

Los valores de los parámetros microbiológicos encontrados durante el monitoreo de calidad del agua del río Barranco para uso recreativo, considerándose la hora, el mes de muestreo y la ubicación del punto de muestreo, se muestran en el Tabla 10. Para el caso de los coliformes totales (CT), coliformes termotolerantes (CTT) y *E. coli* se muestran los valores promedio; a diferencia de los demás parámetros donde se muestra los valores de la moda, teniéndose “ausencia” como el valor más frecuente. Sin embargo, para la *Salmonella sp* y *Vibrio cholerae* se tuvieron “presencia” en 04 ocasiones en el primer caso y 02 en el segundo (Ver Anexo A).

Tabla 10. Valores descriptivos de los parámetros microbiológicos-parasitológicos

<b>Parámetro microbiológico-parasitológico</b>	<b>CT (NMP/100ml)<sup>1</sup></b>	<b>CTT (NMP/100ml)<sup>1</sup></b>	<b><i>E. coli</i> (NMP/100ml)<sup>1</sup></b>	<b><i>Enterococos</i><sup>2</sup></b>	<b><i>Salmonella</i> <i>sp</i><sup>2</sup></b>	<b><i>Vibrio</i> <i>cholerae</i><sup>2</sup></b>	<b><i>Cryptosporidium</i> <i>sp</i><sup>2</sup></b>	<b><i>Naegleria</i> <i>sp</i><sup>2</sup></b>	<b><i>Giardia</i> <i>duodenalis</i><sup>2</sup></b>
<b>Hora de evaluación</b>									
<b>11:00 AM</b>	35.58	22.58	15.67	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>4:00 PM</b>	51.50	33.08	17.42	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>Punto de evaluación</b>									
<b>P1</b>	38.17	22.75	14.25	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>P2</b>	48.92	32.92	18.83	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>Mes de evaluación (repetición)</b>									
<b>1</b>	48.50	29.63	17.00	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>2</b>	43.38	28.38	15.00	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>3</b>	38.75	25.50	17.63	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Elaboración propia (2019)

1/: Promedio

2/: Moda

CT: Coliformes totales; CTT: Coliformes termotolerantes

P1: Parte alta; P2: Parte baja

En la variación de los valores promedio de los parámetros microbiológicos del agua del río Barranco considerando la hora de recolección de la muestra, se puede apreciar que, la concentración de estos exógenos es mayor en las muestras tomadas por las horas de la tarde, existiendo marcadas diferencias respecto a los coliformes totales (CT) (Figura 6).

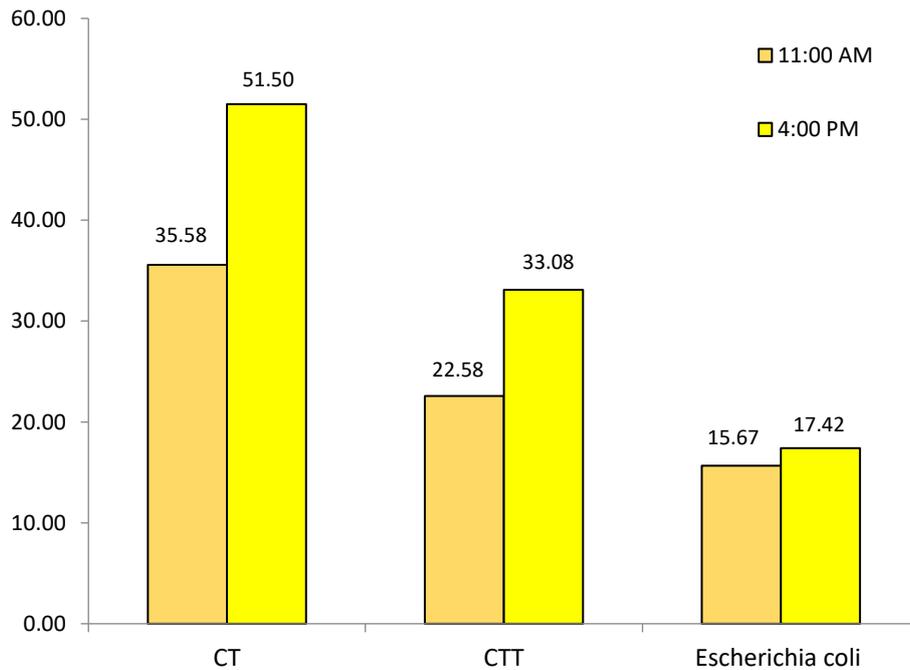


Figura 6. Variación del promedio de los parámetros microbiológicos según la hora de monitoreo

En la figura 7 se muestra la variación entre los valores promedio de los parámetros microbiológicos del agua del río Barranco considerando el punto de recolección de las muestras. Se puede apreciar en todos los parámetros, que las muestras tomadas de la zona baja presentan mayor presencia de agentes microbianos que en la zona alta, haciéndose evidente que esta zona presenta mayor contaminación.

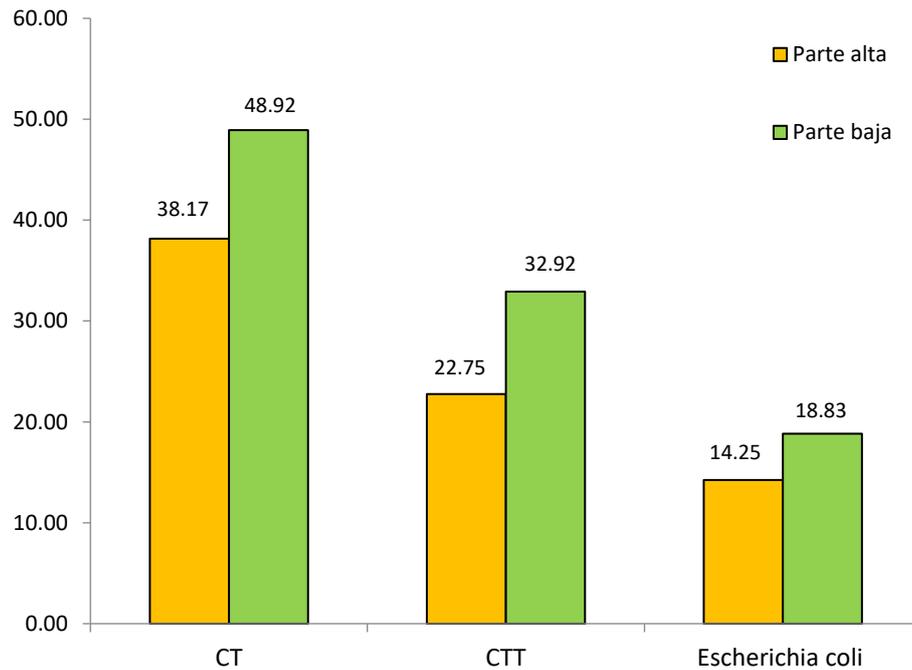


Figura 7. Variación del promedio de los parámetros microbiológicos según el punto de monitoreo

En la variación de los valores promedio de los parámetros microbiológicos del agua del río Barranco considerando la frecuencia de muestreo (meses), se observa que para los coliformes totales (CT) y coliformes termotolerantes (CTT) los mayores valores se presentaron durante el primer de evaluación, a partir del cual fueron decreciendo. En contraste, respecto a la *Escherichia coli*, el mayor valor promedio se registró al 3er mes (17.63 NMP/100ml) (Figura 8). Asimismo, en la fase de confirmación a través de la prueba de IMVIC, se tuvo el mismo resultado en las 24 muestras analizadas: Indol (+), Rojo de metilo (+), Voges-Proskauer (-), Citrato (-); lo que evidencia la presencia de *E. coli* (Ver Anexo A).

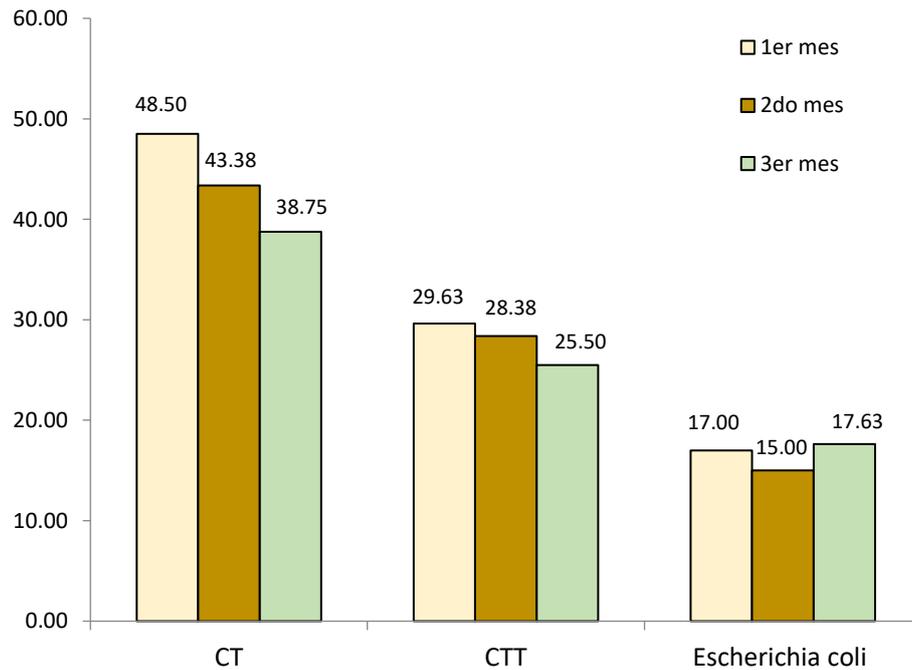


Figura 8. Variación del promedio de los parámetros microbiológicos según el tiempo de evaluación

La cantidad promedio de coliformes totales (CT) que se obtuvieron del muestreo de los dos puntos del río Barranco muestran un valor promedio de 43.54 NMP/100ml; valor que cumple con los ECA's propuestos por el MINAM (2008) en el D.S. N°002-2008-MINAM. Según Rossen (2008) los indicadores de contaminación fecal más utilizados son los coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos; esto no sugiere que únicamente es de menester analizar estos parámetros para obtener un perfil de calidad microbiológica-parasitológica del agua; en este sentido la presencia de CT en el agua indica que existen otros indicadores que pueden representar peligro a la salud cuando se usa para determinados fines.

Para el caso de los coliformes termotolerantes (CTT) el promedio obtenido durante el periodo investigativo es de baja cantidad, teniéndose 27.84 NMP/100ml, valor que se encuentra dentro de los estándares aceptables detallados en el D.S. N° 004-2017-MINAM. De acuerdo a Santiago *et al.* (2012) estos microorganismos en su mayoría están representados por *E. coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Por ello, considerando que el estudio de las aguas del río Barranco muestra que existe presencia de *Escherichia coli*, con un promedio de 16.54 NMP/100ml, registro que no cumple con los niveles propuestos por el MINAM (2017) donde se exige que no debe existir presencia de estos microorganismos para admitirse su uso como aguas con fines

recreacionales; puede inferirse de nuestro estudio que casi el 60% de los coliformes termotolerantes (CTT) están representados por *E. coli*; estos valores encuentran ligeras similitudes con la USEPA (2002) quienes proponen como base de calidad de agua un nuevo criterio para *E. coli* (63 % de la concentración de los coliformes termotolerantes) para proveer niveles equivalentes de protección para patógenos presentes en las aguas. La presencia de *E. coli* demuestra que existe contaminación fecal de las aguas del río Barranco.

En todas las demás variables parasitológicas analizadas, las que incluyen diversas formas parasitarias (*Cryptosporidium sp*, *Naegleria sp*), enterococos intestinales, *Salmonella sp* y *Vibrio cholerae*, se tiene como valor más frecuente a la “ausencia” de estos en las aguas del río Barranco. Cabe mencionar, que para el caso de la *Salmonella sp* y el *Vibrio cholerae*, se tuvieron presencia en la zona baja (P2) durante el primer y tercer mes de muestreo, motivo por el cual, no cumplen con los estándares de calidad del MINAM (2017) para uso recreacional. Esta situación sugiere citar a Aurazo (2004), quien menciona que la *Salmonella sp* es un microorganismo característico de aguas residuales sin tratamiento, pudiéndose inferir que las aguas del río Barranco, en la zona baja, presenta contaminación de este tipo, dada la mala disposición de aguas residuales en las zonas intermedia y alta.

#### **4.2. Comprobar los límites de los parámetros y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua para uso recreativo**

El Tabla 11 muestra los resultados de los análisis para la obtención de los principales parámetros de evaluación de las muestras de agua del río Barranco en comparación con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aguas de tipo recreacional, niveles propuestos por la autoridad ambiental y la legislación vigente en nuestro país.

Puede apreciarse que todos los valores obtenidos para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos-parasitológicos, a excepción de los niveles de *Escherichia coli*, se encuentran dentro de los rangos permitidos por el Ministerio del Ambiente. Existe presencia de *E. coli* en las aguas del río Barranco, teniéndose 17, 15 y 17.63 NMP/100/ml en promedio respectivamente durante los tres meses de evaluación; razón por la cual, a pesar de cumplir con los estándares en todos los demás parámetros, no se recomienda su uso recreacional.

Tabla 11. Valores de los parámetros en comparación con los ECA

Parámetros de evaluación	Periodo de evaluación			Niveles de los ECA <sup>1</sup>	
	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Contacto primario (B1)	Contacto secundario (B2)
<b>Microbiológico parasitológico</b>					
CT <sup>2</sup>	48.5	43.38	38.75	1000	4000
CTT	29.625	28.38	25.5	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	17	15	17.63	Ausencia	Ausencia
Enterococos	Ausencia	Ausencia	Ausencia	200	**
<i>Salmonella sp</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Cryptosporidium sp.</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**
<i>Naegleria sp.</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**
<i>G. duodenalis</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>Fisicoquímico</b>					
DBO <sub>5</sub>	4.01	4.34	4.65	5	10
pH	8.12	7.91	7.91	6,0 a 9,0	**
OD	7.72	7.58	7.83	≥ 5	≥ 4
Turb	62.63	63.19	63.21	100	**

Fuente: Elaboración propia (2019)

1/: Niveles de los ECA para aguas de tipo recreacional según el D.S. N° 004-2017-MINAM

2/: ECA para “coliformes totales” en aguas recreacionales según el D.S. N° 002-2008-MINAM

CT: Coliformes totales; CTT: Coliformes termotolerantes; DBO<sub>5</sub>: demanda bioquímica de oxígeno en 5 días; pH: potencial de hidrógeno; OD: oxígeno disuelto; Turb.: Turbiedad

Cabe mencionar que, para el caso de la *Salmonella sp* y *Vibrio cholerae*, si bien los resultados del muestro muestran una moda de “ausencia”, se tuvieron 04 y 02 casos de “presencia” durante el primer y tercer mes (Ver anexo A).

Para determinar la calidad de las aguas del río Barranco a través del análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y parasitológicos, se tuvo en consideración la mención de Gonzáles y Gutiérrez (2005) quienes refieren que la calidad del agua se determina con sólo advertir que uno de los indicadores, sin importar su naturaleza, no se encuentre dentro

de los límites establecidos. Así, considerando los niveles que propone el MINAM (2017) en el D.S. N° 004-2017-MINAM, los valores de los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los límites propuestos. En contraste, los parámetros microbiológicos-parasitológicos no cumplen con estas regulaciones, puesto que se tiene la presencia de *Escherichia coli*, *Salmonella sp* y *Vibrio cholerae*, en determinadas muestras; razón por la cual se concluye que, las aguas del río Barranco no se encuentran aptas para ninguna actividad que sugiera el contacto primario o secundario con fines recreativos.

### 4.3. Determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río Barranco

El Tabla siguiente muestra el ICA promedio obtenido en cada punto de muestreo y en cada mes de evaluación de las aguas del río Barranco.

Tabla 12. Índice de calidad ambiental (ICA) por punto de evaluación y mes

Parámetro		CT	CTT	OD (% sat)	DBO <sub>5</sub>	pH	Turb	ICA
<b>Punto de evaluación</b>								
<b>Parte alta</b>	X	38.17	22.75	99.75	4.17	7.88	58.00	<b>68.7</b>
	(Q <sub>i</sub> )	84.37	70.92	92.36	65.57	80.06	30.70	
<b>Parte baja</b>	X	48.92	32.92	95.28	4.50	8.07	68.03	<b>64.2</b>
	(Q <sub>i</sub> )	81.67	67.63	88.69	63.88	72.60	25.22	
<b>Mes de evaluación (repetición)</b>								
<b>1er mes</b>	X	48.50	29.63	97.62	4.01	8.12	62.63	<b>65.7</b>
	(Q <sub>i</sub> )	81.76	68.56	90.61	66.47	70.89	28.04	
<b>2do mes</b>	X	43.38	28.38	95.91	4.34	7.91	63.19	<b>66.5</b>
	(Q <sub>i</sub> )	82.96	68.94	89.21	64.65	79.06	27.73	
<b>3er mes</b>	X	38.75	25.50	99.02	4.65	7.91	63.21	<b>66.9</b>
	(Q <sub>i</sub> )	84.20	69.89	91.76	63.15	79.06	27.72	

Fuente: Elaboración propia (2019)

X: Promedio; Q<sub>i</sub>: subíndice de cada parámetro

CT: Coliformes totales; CTT: coliformes termotolerantes; OD: oxígeno disuelto; DBO<sub>5</sub>: demanda bioquímica de oxígeno en 5 días; pH: potencial de hidrógeno; Turb.: turbiedad

Las muestras de agua de la zona alta (ICA=68.7) muestran un índice de calidad superior que al de la zona baja (64.2); respecto al mes de evaluación, el ICA muestra valores bastante similares numéricamente, existiendo una ligera superioridad en las muestras del 3er mes.

La Figura 9 muestra la clasificación del ICA para uso recreacional considerando la ubicación de los puntos de muestreo, teniéndose en ambos casos, según la categorización de Dinius (1987), que el agua del río Barranco se clasifica, en ambos puntos, como “Aceptable”.

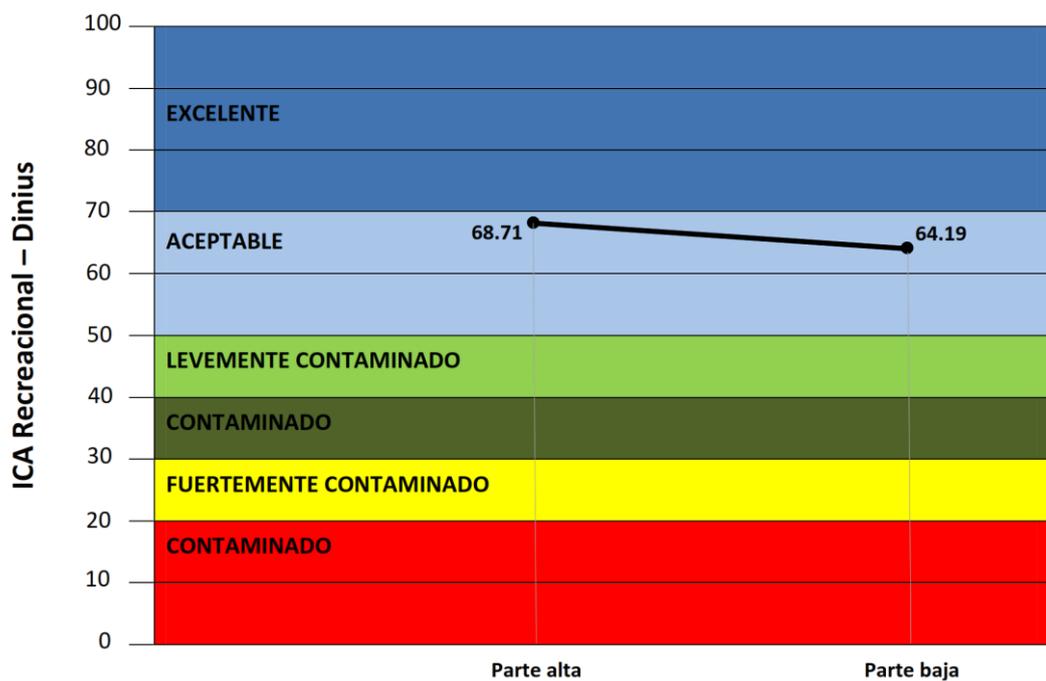


Figura 9. Clasificación de Dinius (1987) para la calidad de agua recreacional del río Barranco según el punto de muestreo

La clasificación del ICA para uso recreacional considerando el periodo de evaluación refiere que, los registros en cada mes detallan al agua del río Barranco como “Aceptable” para actividades de recreación (Figura 10); teniéndose según Dinius (1987) que esta calidad de agua restringe los deportes de inmersión, y sugiere la implementación de acciones de precaución si se ingiere dada la presencia de bacterias.

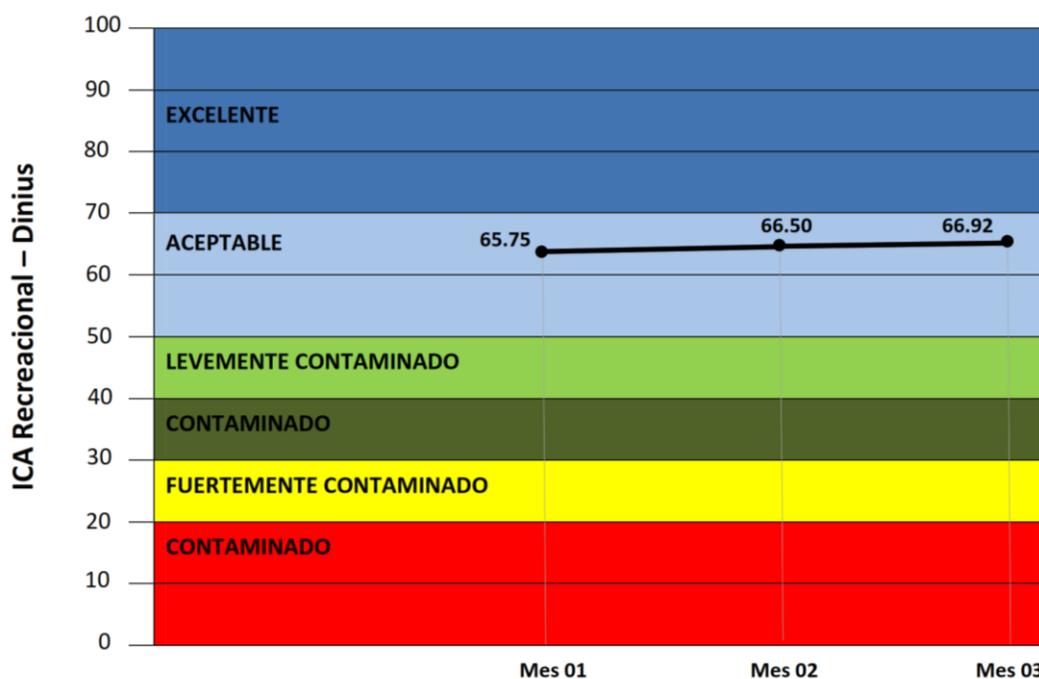


Figura 10. Clasificación de Dinius (1987) para la calidad de agua recreacional del río Barranco según el periodo de evaluación

Según los cálculos que permitieron determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA), en el río Barranco se registra un valor promedio de 66.45; de acuerdo a la clasificación de Dinius (1987), estas aguas son “aceptables” para actividades recreativas, considerándose la restricción de deportes de inmersión e implementándose actividades de contingencia para la precaución si se ingiere, dada la posibilidad de presencia de bacterias.

El comportamiento del ICA de acuerdo al sitio de muestreo y del periodo de evaluación no varía en consideración; puede inferirse que la zona baja (P2) se encuentra más contaminada en comparación con el alta (P1) mostrándose una diferencia numérica de 4.5 en el valor del índice. De acuerdo al periodo de evaluación, el ICA fue mayor durante el tercer mes (ICA = 66.9), en contraste, el mínimo valor del registró en el primer mes (ICA = 65.7). Puede notarse que la amplia concentración de oxígeno disuelto (OD) y la escasa de coliformes totales (CT) contribuye en la obtención de este nivel del índice.

A pesar de presentar una clasificación de “aceptable” considerando la metodología de Dinius (1987), este valor no representa con exactitud el perfil de la calidad de las aguas del río Barranco, en el sentido de los escasos parámetros que se han considerado en su cálculo; debiéndose priorizar indicadores para caracterizar al agua en su estado natural y considerando criterios específicos de acuerdo a normas de calidad y al uso que se le desea dar. Al existir

pocos parámetros, las pequeñas variaciones no se reflejan en el valor final del índice, por ello, el emplear varias variables se genera una mejor aproximación de la calidad del recurso.

En este sentido León (2000) sugiere que para que el índice sea práctico se debe de reducir parámetros hasta llegar a una forma más simple, durante este proceso de simplificación algo de información se sacrifica; por ello es importante priorizar indicadores que reflejen la dinámica de la calidad con mayor objetividad. Es importante mencionar en este contexto a García (2012) quien menciona que en la mayoría de los índices se extiende entre 3 a más de 20 variables y la selección de cada uno de ellos depende directamente del objetivo de calidad perseguido por el índice.

## V. CONCLUSIONES

1. Se determinó la calidad del agua del río Barranco, para los parámetros fisicoquímicos en dos puntos de muestreo siendo: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), oxígeno disuelto (OD), potencia de hidrógeno (pH), turbiedad y temperatura; resultando que estos parámetros se encuentran dentro de los rangos que se permiten para uso con fines recreativos, de acuerdo al MINAM, 2017. Y para los parámetros microbiológicos-parasitarios en dos puntos de muestreo: coliformes totales (CT), coliformes termotolerantes (CTT), *Escherichia coli*, enterococos intestinales, *Salmonella sp*, *Vibrio cholerae* y formas parasitarias (*Cryptosporidium sp*, *Naegleria sp*, *Giardia duodenalis*); De acuerdo a los estándares de calidad ambiental para aguas, todos estos parámetros, a excepción de *E. coli*, se encuentran dentro de los rangos que permiten su uso con fines recreativos.
2. Se concluye que la concentración de microorganismos exógenos como la *Salmonella sp*, *Vibrio cholerae* y *Escherichia coli* en las aguas del río Barranco, la define como no aptas para actividades de recreación, ya que no se cumple con las medidas establecidas en los estándares de calidad ambiental (ECA) según la legislación ambiental vigente en nuestro país; representando un riesgo en la salud de bañistas y usuarios
3. Se determinó en la presente investigación que el cuerpo de agua del río Barranco en los dos puntos de muestreo tienen calificativo cuantitativo de (ICA = 68.7 y 64.2) resultando como aguas “Aceptables” para la actividad recreativa, ya que presenta valores promedios dentro de los rangos propuestos (ICA = 50 a 70) de acuerdo a la clasificación de Dinius.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Evaluar la calidad de agua del río Barranco hasta su desembocadura con el río Supte en sitios específicos con y sin exposición antropogénica y durante la temporada abundancia y escasez hídrica.
2. Obtener muestras más representativas y equipos de mayor alcance de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos in situ.
3. Difundir y capacitar a los distintos tipos usuarios de agua del río Barranco y proveedores de servicio de la comunidad de Supte San Jorge sobre la reducción de la aptitud del agua para uso recreativo y otros usos como la exposición a la contaminación por las actividades de la población.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, A., Rubiños, E., Gavi, F., Alarcón, J.J., Hernández, E., Ramírez, C., Mejía, E., Pedrero, F., Nicolás, E., Salazar, E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *Phyton* (Buenos Aires); (75): 71-83. [En línea]: SCIELO, (<https://bit.ly/2RZibA5>, documento, 04 de febrero del 2019)
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF). (1989). *Métodos normalizados: para el análisis de aguas potables y residuales*, 17° ed. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21<sup>a</sup>ed. Washington, USA.
- Angulo, F. Tippen, S., Sharp, D.J., Payne, B.J., Collier, C., Hill, J.E., Barrett, T.J., Clark, R.M., Geldreich, E.E., Donnell, Jr, H.D., Swerdlow, D.L. (1997). A community waterborne outbreak of salmonellosis and the effectiveness of a boil water order. *American Journal of Public Health*, 87:580–584. [En línea]: NCBI, (<https://bit.ly/2DIurV9>, documento, 16 de enero del 2019)
- Aurazo, M. (2004). *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida*. CEPIS/OPS, Lima. 146 p.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2011). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Aguas Superficiales*. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua, p. 8-18.
- Badgley, B.D., Thomas, F., Harwood, V.J. (2011). Quantifying environmental reservoirs of fecal indicator bacteria associated with sediment and submerged aquatic vegetation. *Environmental Microbiology*; 13(4): 932-942. [En línea]: NCBI, (<https://bit.ly/2BLI9qv>, documento, 04 de febrero del 2019)
- Barrenechea, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. En: *Tratamiento de agua para consumo humano*. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; p. 1-56.

- Canter, L. (2000). Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Universidad de Oklahoma. Mc Graw Hill. Inc. US. 835 p.
- Chalmers, R.M. (2012). Waterborne outbreaks of cryptosporidiosis. *Ann IsSuper Sanita*; 48(4): 429-4. [En línea]: NCBI, (<https://bit.ly/2USMgIi>, documento, 15 de enero del 2019)
- Chávez, B., Omaña, M., Castañón, G., Bonilla, P., González, M., Hernández, D., Salazar, L., Esparza, A., Martínez, A., Ortega, G. (2009). Ultrastructural study Of the encystation and excystation processes in *Naegleria sp.* *J Eukaryot Microbiol*; 56(1): 66-72. [En línea]: NCBI, (<https://bit.ly/2SQ66Xe>, documento, 16 de enero del 2019)
- Clair, N. (2000). Ingeniería de aguas residuales. Bogotá, Colombia, McGraw-Hill. 197 p.
- Comunidad Andina (CAN). (2008). Manual de Estadísticas Ambientales. Editorial Nomos. Santa Cruz de la Sierra. p 31-45. [En línea]: SINIA, (<https://bit.ly/2GGw2y5>, documento, 11 de diciembre del 2018)
- De Jonckheere, J.F. (2004). Molecular definition and the ubiquity of species in the genus *Naegleria*. *Protist*; 155(1):89-103. [En línea]: NCBI, (<https://bit.ly/2toYfSi>, documento, 15 de enero del 2019)
- Dinius, S.H. (1987). Design of an Index of Water Quality. *Water Resources Bulletin*, Vol. 23, Nº 11, 1987, pp.833-843.
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). 2006. Grupo de estudio técnico ambiental para agua – GESTA Agua. [En línea]: MINSA, (<https://bit.ly/2N5ZUF7>, documento, 28 de diciembre del 2018)
- Pastor, C. (2015). El estudio toponímico de la provincia de Leoncio Prado (departamento de Huánuco). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Letras y Ciencias Humanas. [En línea]: UNMSM, (<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4370>, documento, 06 de febrero del 2019)
- García, T. (2012). Propuesta de Índices de Calidad de Agua para ecosistemas hídricos de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Chile. [En línea]: UCHL, (<https://bit.ly/2S1Grqf>, documento, 05 de enero del 2019).
- Gobierno Regional de Huánuco (GOREHCO). (2014). Estudio de diagnóstico y zonificación para el tratamiento de demarcación territorial de la provincia de Leoncio Prado. Sub

- Gerencia de Ordenamiento Territorial. [En línea]: PCM, (<https://bit.ly/2DGxRaW>, documento, 28 de enero del 2019)
- González, M., Gutiérrez, J. (2005). Método gráfico para la evaluación de la calidad microbiológica de las aguas recreativas, Centro Habana, CIP 10300, Cuba. 132 p. [En línea]: RESEARCH, (<https://bit.ly/2SwsDJt>, documento, 25 de enero del 2019)
- Goudot, S., Herbelin, P., Mathieu, L., Soreau, S., Banas, S., Jorand, F. (2012). Growth dynamic of *Naegleria fowleri* in a microbial freshwater biofilm. *Water Res*; 46(13): 3958-66. [En línea]: NCBI, (<https://bit.ly/2V323EB>, documento, 16 de enero del 2019)
- Henry, J.G., Heinke, G.W. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México, Prentice Hall. 283-284
- Hlavsa, M.C., Roberts, V.A., Kahler, A.M., Hilborn, E.D., Wade, T.J., Backer, L.C., Yoder, J S. (2014). Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Recreational water-associated disease outbreaks--United States, 2009-2010. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*; 63(1): 6-10. [En línea]: CDC, (<https://bit.ly/2BwXAIV>, documento, 15 de enero del 2019)
- Holdridge, L. R. (1982). *Ecología: Basado en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 216p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. [En línea]: INEI, (<https://bit.ly/2Bzk06a>, documento, 25 de enero del 2019)
- Jiménez, A. (2000). Determinación de los parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua. *Gestión Ambiental*; 2(23): 12-9.
- Kiely, G. (1999). *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Madrid, España, Mc Graw-Hill, pág. 91.
- León, L. (2000). *Índices de Calidad del agua (ICA): forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Chapala, México. Boletín técnico n° 9101, 36 p. [En línea]: DOCPLAYER, (<https://bit.ly/2EcvoXB>, documento, 30 de noviembre del 2018)
- López, E., González, P., García, B., Reynoso, Y., Larroudé, V. (2016). *Calidad del agua para usos recreativos desde las perspectivas de la seguridad e higiene laboral y la salud pública*.

Estudio de caso. Universidad de la Defensa Nacional, Escuela Superior Técnica, Facultad de Ingeniería del Ejército, Palermo, Argentina. [En línea]: PALERMO, (<https://bit.ly/2E9FAzY>, documento, 02 de enero del 2019)

Madigan, M.T., Martinko, J.M. (2006). Brock, Biology of Microorganisms. Pearson Prentice Hall, 11<sup>th</sup> ed., pp 935-936. [En línea]: RESEARCHGATE, (<https://bit.ly/2Iee4Fp>, documento, 10 de enero del 2019)

Medeiros, A.C., Freitas Faial, K.R., Freitas Faial, K.D., Da Silva Lopes, I.D., De Oliveira Lima, M., Guimarães, R.M., Y Mendonça, N.M. (2017). Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil, Marine Pollution Bulletin, 123(1–2), 156–164.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2008). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Lima, Perú; Jul. 31.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y disposiciones complementarias. Lima, Perú; Jun. 06.

Mitchell, M.; Stapp, W.; Bixby, K. (1991). Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. Segunda edición. Proyecto del Río. New México, USA. 200p.

Monis, P., Caccio, S., Thompson, A. (2009). Variation in *Giardia*: towards a taxonomic revision of the genus. Trends Parasitol, 25 (2): 93–100

Nadal, F., Ruiz, M., Rodríguez, M.I., Halac, S., Olivera, P. (2012). Evaluación de la calidad del agua para uso recreativo del Embalse san Roque, Córdoba, Argentina. Instituto Nacional del Agua, Centro de la Región Semiárida. [En línea]: INA, (<https://bit.ly/2DBoxW0>, documento, 28 de diciembre del 2018)

Organización Mundial de Salud (OMS). (1998). Guías para la calidad del agua potable. Washington, EE.UU. 1° Ed.

Ong, C., Moorehead, W., Ross, A., Isaac-Renton, J. (1996). Studies of *Giardia sp.* and *Cryptosporidium sp.* in two adjacent watersheds. Applied and Environmental Microbiology, 62:2798–2805. [En línea]: NCBI, (<https://bit.ly/2tl14n4>, documento, 13 de enero del 2019)

- Organización Mundial de Salud (OMS). (1995). Guías para la calidad de agua potable, 2ª edición, Volumen I, Washintong DC.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2012). Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco. OPS/OMS, ECOFLUIDOS ING. SAC. Lima, Perú. [En línea]: PAHO, (<https://bit.ly/2GmGSK8>, documento, 15 de julio del 2018)
- Pélandakis, M., Pernin, P. (2002). Use of multiplex PCR and PCR restriction enzyme analysis for detection and exploration of the variability in the free-living amoeba *Naegleria* in the environment. *Appl Environ Microbiol*; 68(4): 2061-5. [En línea]: NCBI, (<https://bit.ly/2E8w5Rq>, documento, 16 de enero del 2019)
- Pilotto, L.S. (2008). Epidemiology of cyanobacteria and their toxins. p 613 – 638. En *Cyanobacterial harmful algal blooms. State of the science and research needs*. Hundnell Kenneth Ed.
- Quiñones, P.D., Marrero, D., Falero, B., Tamargo, I., Llop, A., Kobayashi, N. (2008). Susceptibilidad antimicrobiana y factores de virulencia en especies de *Enterococcus* causantes de infecciones pediátricas en Cuba. *Rev. Cubana Med Trop*. 60(2):123-129.
- Rees, G., Bartram, J., Pond, K., Goyet, S. (2000). Chapter 1: Introduction. En *Monitoring Bathing Waters A Practical Guide to the Design and Implementation of Assessments and Monitoring Programmes*. Jamie Bartram and Gareth Rees Ed.
- Rolim, S. (2000). *Sistemas de lagunas de estabilización*. Primera Edición. Mc. Graw Hill
- Romero, J.A. (1998). *Calidad de aguas*. Madrid, España, Nomos. 210p.
- Rosales, S. (2000). Diagnóstico Situacional. Supte – Leoncio Prado – Huánuco “San Jorge”
- Rossen, A., Rodríguez, M.I., Ruibal, A.L., Fortunato, M.S., Bustamante, A., Ruiz, M., Angelaccio, C., Korol, S. (2008). Indicadores bacterianos de contaminación fecal en el embalse San Roque (Córdoba, Argentina). *Hig Sanid Ambient*. 2008; 8:325-330.
- Sáenz, F. (1995). Identificación de áreas críticas para el manejo de la cuenca del río Pacuare, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 145p.

- Samboni, N., Carvajal, Y., Escobar, J.C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista de Ingeniería e Investigación*, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Vol. 27, pp. 172-181.
- Santiago, T.M., Tremblay, R.L., Toledo, C., Gonzalez, J.E., Ryu, H., Santo Domingo, J.W., Toranzos, G.A. (2012). Microbial quality of tropical inland waters and effects of rainfall events. *Appl and Environ Microbiol*; 78(15): 5160-5169. [En línea]: AEM, (<https://bit.ly/2X3Q7Ej>, documento, 25 de enero del 2019)
- Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARENA). (2001). Normas de calidad de agua y control de descargas. [En línea]: SCIELO, (<https://bit.ly/2GJ8vg3>, documento, 25 de enero del 2019)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2015). Base de datos históricos [En línea]: SENAMHI, (<https://bit.ly/2SN5a66>, documento, 05 de febrero del 2019).
- Smith, H.V., Nichols RAB. (2010). *Cryptosporidium*: Detection in water and food. *Exp Parasitol*. [En línea]: NCBI, (<https://bit.ly/2SDt9Fl>, documento, 13 de enero del 2019)
- Sutadian, A.D., Muttill, N., Yilmaz, A.G., Y Perera, B.J.C. (2016). Development of river water quality indices-a review. *Environ. Monit. Assess.* 188, 58.
- Torres, P., Cruz, C.H., Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano, una revisión crítica. *Revista Ingenierías*, Universidad de Medellín, Vol. 8, No. 15 suppl.1, pp.79-94.
- Tosini, F., Drumo, R., Elwin, K., Chalmers, R.M., Pozio, E., Cacció, S.M. (2010). The CpA135 gene as a marker to identify *Cryptosporidium* species infecting humans. *Parasitol Int.*; 59(4): 606-9. [En línea]: NCBI, (<https://bit.ly/2N4s978>, documento, 13 de enero del 2019)
- USEPA. (2002). Implementation guidance for ambient water quality criteria for bacteria (draft). EPA-823B-003, Office of Water, Washington, DC.
- Waldron, L.S., Ferrari, B.C., Cheung-Kwok-Sang, C., Beggs, P.J., Stephens, N., Power, M.L. (2011). Molecular epidemiology and spatial distribution of a waterborne cryptosporidiosis outbreak in Australia. *Appl Environ Microbiol*. [En línea]: NCBI, (<https://bit.ly/2TWsTxG>, documento, 05 de enero del 2019)



## **ANEXOS**

## Anexo A. Resultados de los análisis

Tabla 13. Resultados generales del análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y parasitológicos en dos puntos de muestreo del río Barranco

Parámetros de evaluación de la calidad del agua	1er mes								2do mes								3er mes							
	Miércoles (11 am)		Miércoles (4 pm)		Domingo (11 am)		Domingo (4 pm)		Miércoles (11 am)		Miércoles (4 pm)		Domingo (11 am)		Domingo (4 pm)		Miércoles (11 am)		Miércoles (4 pm)		Domingo (11 am)		Domingo (4 pm)	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
<b>Microbiológicos-parasitológicos</b>																								
CT(NMP/100ml)	20	24	24	44	44	64	75	93	18	21	33	48	44	44	64	75	22	34	32	43	40	52	42	45
CTT (NMP/100ml)	15	15	18	25	24	39	36	65	15	17	21	28	23	34	35	54	19	18	21	34	23	29	23	37
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	9	12	12	15	15	29	16	28	12	13	14	15	15	15	20	16	12	16	14	24	15	25	17	18
Enterococos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Salmonella sp</i>	A	A	A	A	A	P	A	P	A	A	A	A	A	A	A	P	A	P	A	P	A	A	A	A
<i>Vibrio cholerae</i>	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	P	A	P	A	A	A	A	A	A
<b>Formas parasitarias</b>																								
<i>Cryptosporidium</i>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Naegleria sp</i>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>G. duodenalis</i>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>Físico químico</b>																								
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	4.12	4.78	4.67	4.98	5.13	3.85	5.11	3.45	3.99	4.21	5.7	4.87	5.34	5.12	4.76	3.76	4.17	4.22	4.65	4.87	4.21	5.98	5.21	5.85
pH	8.46	8.7	8.7	7.33	7.33	8.32	7.9	8.22	7.8	8.5	8.3	7.1	7.33	7.33	8.53	8.36	7.33	8.4	7.6	7.92	7.4	8.4	7.9	8.3

Parámetros de evaluación de la calidad del agua	1er mes								2do mes								3er mes							
	Miércoles (11 am)		Miércoles (4 pm)		Domingo (11 am)		Domingo (4 pm)		Miércoles (11 am)		Miércoles (4 pm)		Domingo (11 am)		Domingo (4 pm)		Miércoles (11 am)		Miércoles (4 pm)		Domingo (11 am)		Domingo (4 pm)	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
OD (mg/L)	7.51	7.9	7.9	8.22	8.22	7.1	8.7	6.2	7.2	7.7	8.2	7.15	8.22	8.22	7.58	6.4	7.74	7.92	7.96	7.2	7.6	8.1	7.82	8.3
Turbidez (UNT)	52.3	65.2	58.6	74.9	49.1	59.2	63.4	78.3	65.5	74.4	59.2	68.3	61.2	72.1	48.4	56.5	65.7	70.4	56.3	58.9	53.7	64.5	62.6	73.6
Temperatura (°C)	25.8	26	26	28.8	28.8	29	26	29.5	24.5	26.3	27	29	28.8	28.8	28	29	27.2	28	25.6	26.7	27	26.8	27.6	27.8
<b>PRUEBA DEL IMVIC</b>																								
Indol	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
RM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrato Simons	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>A.P. Identificados</b>																								
<i>Escherichia coli</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Resultados de laboratorio

P1: Parte alta; P2: parte baja; A: ausencia; P: presencia

CT: Coliformes totales; CTT; coliformes termotolerantes; DBO<sub>5</sub>: Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días; pH: potencial de hidrógeno; OD: oxígeno disuelto; RM: rojo de metilo; VP: Voges-Proskauer

**Anexo B. Panel fotográfico*****Recolección de muestras***

Foto 1. Recolección de muestras en el punto 2 del río Barranco

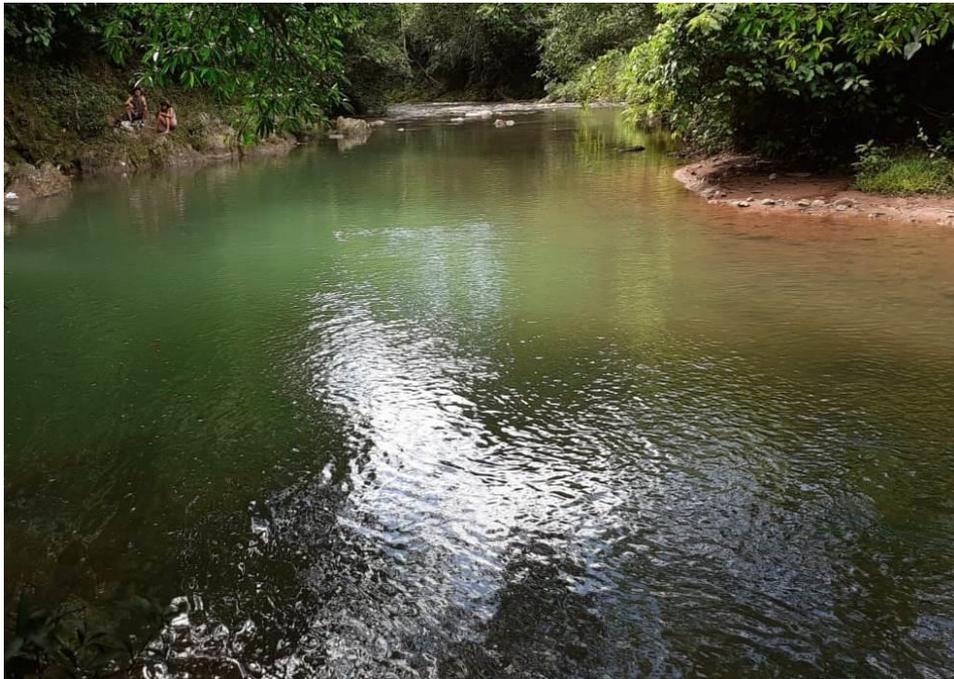


Foto 2. Punto 1 de muestreo del río Barranco

*Preparación de medios de cultivo*



Foto 3. Pesado los agares en la balanza analítica en el laboratorio microbiología de la UNAS



Foto 4. Preparación de los caldos nutritivos, en el laboratorio de microbiología de la UNAS.



Foto 5. Preparación del agar y los caldos nutritivos para esterilizarlos



Foto 6. Agares en el baño maría para que se diluya.



Foto 7. Caldo peptona al 0.1%.



Foto 8. Agares y caldos nutritivos en el autoclave para esterilizarse.

*Siembra en los medios de cultivo para determinar los parámetros microbiológicos*

✓ *Determinación de E. coli*



Foto 9. Adición del caldo *E. coli* en los tubos de ensayo



Foto 10. Adición de la muestra de agua 10ml en el caldo brilla para su incubación a 37°C por 24-48 horas



Foto 11. Interpretación de los resultados de todos los positivos para luego hacer la prueba confirmativa con el caldo *E. coli*. Posteriormente, a todos los positivos se realiza la prueba completada en el agar EMB



Foto 12. Brillo metálico indica presencia de *E. coli*, posteriormente se realiza la prueba del IMVIC.

✓ **Determinación de Salmonella**



Foto 13. Pre-enriquecimiento: Adición de 25ml de muestra de agua en el caldo peptonado 1% y luego incubación a 37° por 24-48 horas.



Foto 14. Enriquecimiento selectivo: Adición de 10ml del caldo peptonado 1% al caldo selenito cystine y al caldo tetrionato y luego incubación a 37° por 24-48 horas. Luego sembrarlo en el agar SS.



Foto 15. Después de la incubación se muestra en el selenito cystine puntos negros con presencia de ácido sulfuro que nos indica que en un 80% existe salmonella y en el tetratrionato se observa colonias translucidas opacas y pequeñas.



Foto 16. Prueba completada o bioquímica con el agar TSI y LIA, siembra por estría y puntura con la inclinación de pico de flauta

- ✓ **Siembra y resultados para estreptococos fecales, estafilococos, *Vibrio cholerae*, mohos y levaduras.**

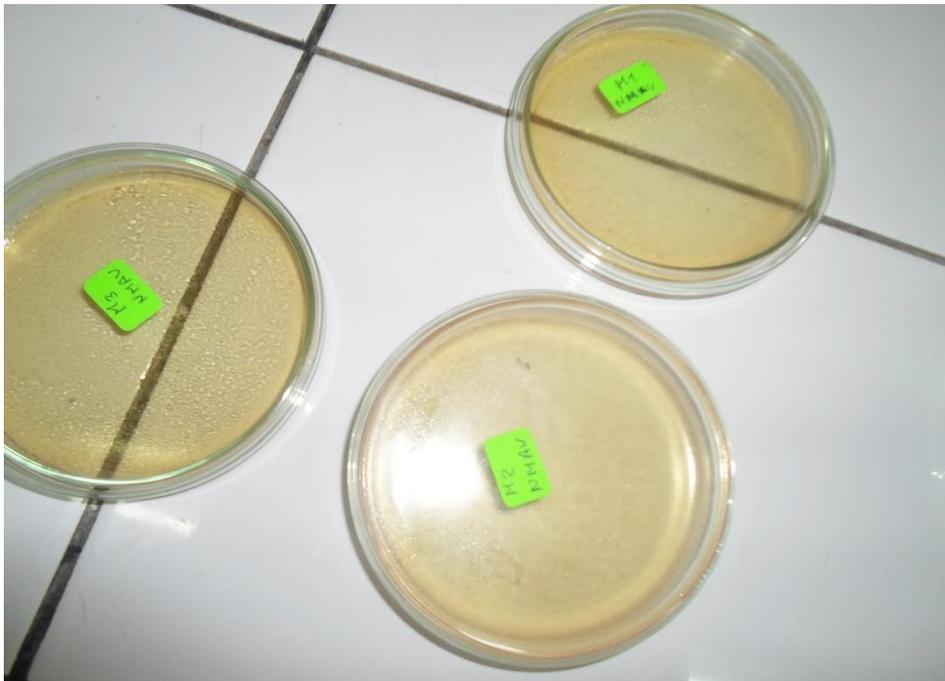


Foto 17. Siembra de la muestra para determinar la NMAV en el agar manitol solado

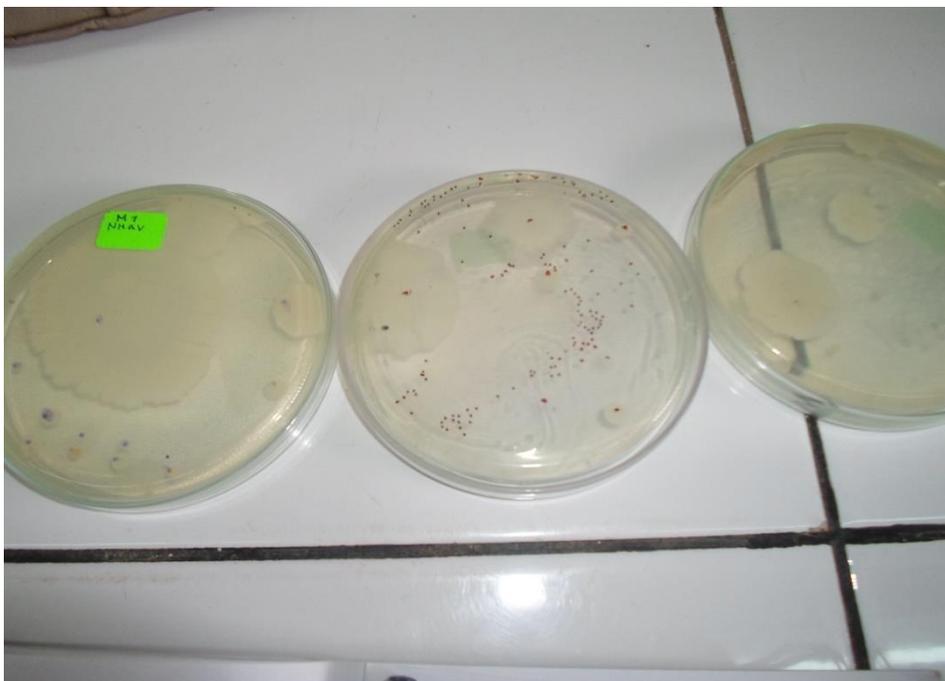


Foto 18. Resultados de la NMAV en el agar manitol solado



Foto 19. Presencia de *Vibrio cholerae* en placas petri

✓ **Determinación de los parámetros físicos y químicos.**



Foto 20. Determinación del pH con el pHmetro



Foto 21. Medición del oxígeno disuelto con el oxímetro



Foto 22. Muestras de agua en las botellas para guardarlas por 5 días en un ambiente cerrado.



Foto 23. Determinación de solidos totales

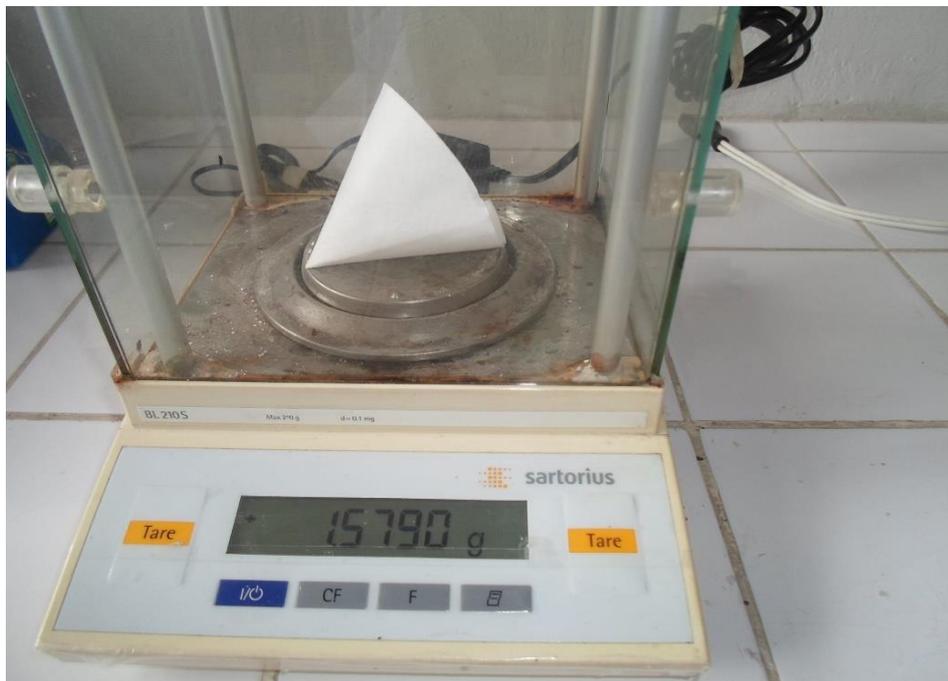


Foto 24. Peso del papel filtro para la determinación de solidos totales

*Puntos recreativos en el río Barranco donde turistas locales afluyen*



Foto 25. Estanque natural en el río Barranco donde turistas afluyen



Foto 26. Recreo turístico a orillas del río Barranco



Foto 27. Estanque natural en el río Barranco.

Anexo C. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo

