

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESINA**

**CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO ZAPATILLA SECTOR  
SIMILLACA COMPARADO CON LOS ESTÁNDARES CALIDAD AMBIENTAL  
PARA BEBIDA DE ANIMALES EN LA PROVINCIA DE EL COLLAO, REGIÓN**

**PUNO – 2020**

**PRESENTADO POR:**

**WILBER CALIZAYA JILAJA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2021**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](#).

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESINA

**CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO ZAPATILLA SECTOR  
SIMILLACA COMPARADO CON LOS ESTÁNDARES CALIDAD AMBIENTAL  
PARA BEBIDA DE ANIMALES EN LA PROVINCIA DE EL COLLAO, REGIÓN**

PUNO – 2020

PRESENTADO POR:

WILBER CALIZAYA JILAJA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

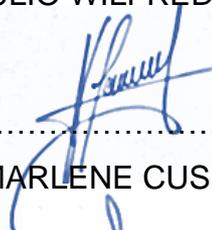
APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE:



M.Sc. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO:



M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESINA:



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEÓN APAZA

Área: Ciencias Naturales.

Disciplina: Oceanografía, Hidrología y Recursos del agua.

Especialidad: Evaluaciones y Monitoreo Ambientales, Ecosistemas Acuáticos.

Puno, 25 de agosto del 2021

## DEDICATORIA

A Dios todo poderoso quien es guía de mi vida por estar contigo en todo momento y en cada paso que doy en el camino, mi motivación y mi compañero.

A mis queridos padres por su apoyo, consejos, comprensión, me han inculcado todo lo que soy como persona, mis valores, principios, carácter, empeño, perseverancia, coraje para conseguir mis objetivos y seguir adelante en busca de los sueños.

A mi querida esposa y mis dos tesoros Neymar Brayan y Cristian Alexis mi eterna motivación para el logro de nuestros objetivos de familia.

**Wilber Calizaya Jilaja**

## AGRADECIMIENTO

A Dios porque me guía, sostiene y me va preparando en cada paso que doy en mi vida.

A mi esposa e hijo mi familia que me apoyaron cada día para culminar con la carrera profesional.

A la Universidad Privada San Carlos S.A.C. A la escuela profesional de Ingeniería Ambiental, por haberme acogido en sus aulas y por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A los docentes de la escuela profesional de ingeniería ambiental, por sus valiosas enseñanzas y experiencias que impartieron a lo largo de mi formación profesional.

A mi asesor Dr. Esteban Leon Apaza por su infinita colaboración y guía en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Expresar también mis más sinceros agradecimientos al MSc. Julio Wilfredo Cano Ojeda, MSc. Marlene Cusi Montesinos por su importante participación en el presente trabajo de investigación.

Para todos muchas gracias y que Dios los bendiga.

**Wilber Calizaya Jilaja**

**ÍNDICE GENERAL**

|                     | <b>Pág.</b> |
|---------------------|-------------|
| DEDICATORIA         | i           |
| AGRADECIMIENTO      | ii          |
| ÍNDICE DE FIGURA    | vi          |
| ÍNDICE DE TABLAS    | vii         |
| ÍNDICE DE ANEXOS    | viii        |
| ACRÓNIMOS           | ix          |
| RESUMEN             | x           |
| ABSTRACT            | xi          |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> | <b>1</b>    |

**CAPÍTULO I****PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN**

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA    | 2  |
| 1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA     | 3  |
| 1.2. ANTECEDENTES                  | 3  |
| 1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL       | 3  |
| 1.2.2. A NIVEL NACIONAL            | 5  |
| 1.2.3. A NIVEL LOCAL               | 8  |
| 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 10 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL            | 10 |
| 1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS        | 10 |

**CAPÍTULO II****MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 2.1. MARCO TEÓRICO              | 11 |
| 2.1.1. Cuenca                   | 11 |
| 2.1.2. El Agua                  | 11 |
| 2.1.3. Calidad de agua          | 12 |
| 2.1.4. Parámetros físicos       | 12 |
| 2.1.5. Parámetros químicos      | 13 |
| 2.1.6. Parámetro microbiológico | 14 |
| 2.1.7. Aguas superficiales      | 15 |
| 2.1.8. Contaminación            | 15 |
| 2.1.9. Contaminación del agua   | 15 |
| 2.1.10. Marco normativo         | 16 |
| 2.2. MARCO CONCEPTUAL           | 19 |
| 2.3. HIPÓTESIS                  | 20 |
| 2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL         | 20 |
| 2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS     | 20 |

**CAPÍTULO III****METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 3.1. ZONA DE ESTUDIO     | 21 |
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA | 22 |
| 3.2.1. Población         | 22 |
| 3.2.2. Muestra           | 22 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS           | 23 |
| 3.3.1. Métodos                    | 23 |
| 3.3.2. Técnicas                   | 25 |
| 3.3.3 Materiales y equipos        | 26 |
| 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES  | 26 |
| 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO  | 27 |
| 3.5.1. Tipo de investigación      | 27 |
| 3.5.2. Diseño de la Investigación | 27 |
| 3.5.3. diseño estadístico         | 28 |

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

|   |    |
|---|----|
| 4.1. PARÁMETROS FÍSICOS – QUÍMICOS                  | 29 |
| 4.2. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS                     | 38 |
| 4.3. CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA | 39 |
| 4.3.1 Estándares de Calidad Ambiental – ECA         | 39 |
| 4.4. ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS                      | 40 |
| CONCLUSIONES  | 43 |
| RECOMENDACIONES                                     | 44 |
| BIBLIOGRAFÍA  | 45 |
| ANEXOS  | 48 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   | Pág. |
|---|------|
| Tabla 01: Recolección de muestras por punto.  | 24   |
| Tabla 02: Equipos   | 26   |
| Tabla 03: Materiales  | 26   |
| Tabla 04: Indumentaria de protección  | 26   |
| Tabla 05: Identificación de variables   | 26   |
| Tabla 06: Cumplimiento de los ECA - Categoría 3 Subcategoría D2: Bebida de animales | 39   |
| Tabla 07: Valores de temperatura  | 52   |
| Tabla 08: Valores de potencial de hidrógeno   | 52   |
| Tabla 09: Valores de conductividad  | 52   |
| Tabla 10: Valores de oxígeno disuelto   | 52   |
| Tabla 11: Valores de demanda bioquímica de oxígeno                                  | 53   |
| Tabla 12: Valores de demanda química de oxígeno                                     | 53   |
| Tabla 13: Valores de nitratos   | 53   |
| Tabla 14: Valores de nitritos   | 53   |
| Tabla 15: Valores de coliformes Termotolerantes                                     | 54   |
| Tabla 16: Valores de parámetros fisicoquímicos para una muestra                     | 55   |
| Tabla 17: Valores de la prueba de t student nivel de significancia                  | 55   |
| Tabla 18: Valores de parámetros microbiológicos para una muestra                    | 56   |
| Tabla 19: Valores de la prueba de t student nivel de significancia                  | 56   |

## ÍNDICE DE FIGURA

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Figura N° 01: Zona de estudio   | 22          |
| Figura N° 02: Concentración de temperatura  | 29          |
| Figura N° 03: Concentración de Potencial de hidrógeno   | 30          |
| Figura N° 04: Concentración de conductividad  | 31          |
| Figura N° 05: Concentración de oxígeno disuelto   | 32          |
| Figura N° 06: Concentración de demanda bioquímica de oxígeno  | 34          |
| Figura N° 07: Concentración de demanda química de oxígeno   | 35          |
| Figura N° 08: Concentración de nitratos   | 36          |
| Figura N° 09: Concentración de nitritos   | 37          |
| Figura N° 10: Concentración de Coliformes Termotolerantes   | 38          |
| Figura N° 11: El punto N° 1 río Zapatilla puente Simillaca (aguas arriba).  | 63          |
| Figura N° 12: Materiales y equipos para análisis físico – químicos de aguas superficiales.  | 63          |
| Figura N° 13: Georreferenciación del punto 1 en el río Zapatilla puente Simillaca (aguas arriba).   | 64          |
| Figura N° 14: Medición de los parámetros físico – químicos en el punto 1 del río Zapatilla puente Simillaca (aguas arriba).                 | 64          |
| Figura N° 15: Recolección de muestras del agua del río Zapatilla para análisis en el laboratorio.   | 65          |
| Figura N° 16: El punto N° 2 río Zapatilla a 2000 metros del puente Simillaca (aguas abajo).   | 65          |
| Figura N° 17: Medición de los parámetros físico – químicos en el punto 2 del Río Zapatilla a 2000 metros del puente Simillaca.              | 66          |
| Figura N° 18: Recolección de muestras del agua del río Zapatilla para análisis en el laboratorio.   | 66          |
| Figura N° 19: El punto N° 3 río Zapatilla a 4500 metros del puente Simillaca (aguas abajo).   | 67          |
| Figura N° 20: Georreferenciación del punto 3 en el río Zapatilla a 4500 metros del puente Simillaca (aguas abajo).                          | 67          |
| Figura N° 21: Medición de los parámetros físicoquímicos en el punto 3 en el río Zapatilla a 4500 metros del puente Simillaca (aguas abajo). | 68          |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  | Pág. |
|--|------|
| Anexo 01: Matriz de consistencia   | 49   |
| Anexo 02: Resultados de promedio, desviación estándar y varianza.  | 52   |
| Anexo 03: Resultados de análisis de nivel de significancia para hipótesis                                  | 55   |
| Anexo 04: Fichas de identificación de puntos de monitoreo.   | 58   |
| Anexo 05: Resultados de registro de datos en campo e informe de resultados del laboratorio.                | 61   |
| Anexo 06: Galería de fotografía de los trabajos realizados durante la investigación.                       | 63   |
| Anexo 07: estándares de calidad ambiental (ECA) para agua Categoría 3 Subcategoría D2: Bebida de animales. | 69   |
| Anexo 08: Protocolo nacional de monitoreo de recursos hídricos resolución jefatural N°010-2016-ANA.        | 72   |

## ACRÓNIMOS

- T°: Temperatura
- pH: Potencial de Hidrógeno
- OD: Oxígeno disuelto
- DBO: Demanda bioquímica de oxígeno
- DQO: Demanda química de oxígeno
- CE: Conductividad Eléctrica
- MINAM: Ministerio del Ambiente
- ECA: Estándares de calidad ambiental
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- D.S: Decreto Supremo
- ANA: Autoridad Nacional del Agua
- ONU: Organización de la Naciones Unidas
- GPS: Sistema de Posicionamiento Global
- UTM: Universal Transverse Mercator
- NMP: Número Más Probable

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la cuenca del río Zapatilla, sector Simillaca en un tramo de 4,5 kilómetros aproximadamente que forma parte de la provincia de El Collao, para la investigación se tomó la época de avenida o lluvioso en el mes abril se consideró que en la cuenca del río Zapatilla, existe una problemática del agua debido a la contaminación por el proceso de elaboración de tunta y vertimiento de aguas residuales por los habitantes que se encuentran asentadas en las riberas del río Zapatilla. También se consideró que no existen estudios o investigaciones sobre la calidad físico químico y microbiológica del agua del río Zapatilla, en el que se elaboró la siguiente investigación con los siguientes objetivos de 1. Analizar el agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, para bebida de animales según parámetros físico - químicos. 2. Analizar el agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, para bebida de animales según parámetros microbiológicos. La metodología utilizada para el desarrollo de la investigación es el análisis descriptivo de los parámetros físico - químicos y microbiológicos encontrados en las muestras de las aguas del río, se estableció tres puntos de muestreo, P1: Rio Zapatilla puente Simillaca (aguas arriba), P2: Rio Zapatilla a 2000 metros de puente Simillaca, P3: Rio Zapatilla a 4500 metros de puente Simillaca (aguas abajo). En cada punto de muestreo se realizó mediciones in situ y se tomaron muestras para el análisis en el laboratorio para su posterior comparación con los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3 D2 Bebida de animales, obteniendo resultados por encima de los ECA para agua como: Oxígeno disuelto P1: 0.01 mg/l, P2: 0.01 mg/l, P3: 0.01 mg/l, DBO5 P1: 100 mg/l, P2: 140 mg/l, P3: 180 mg/l, siendo no apta para la Bebida de animales de la categoría 3; DQO P1: 200 mg/l, P2: 220 mg/l, P3: 242 mg/l; siendo no apta para la Bebida de animales de la categoría 3. Se determina que la calidad de agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca no es apta para bebida de animales.

**Palabras clave:** Calidad de Agua, Muestra, Contaminación, Estándares de Calidad Ambiental

## ABSTRACT

The present research work was carried out in the Zapatilla river basin, Simillaca sector in a section of approximately 4.5 kilometers that is part of the province of El Collao, for the investigation the flood or rainy season was taken in April. It was considered that in the Zapatilla river basin, there is a water problem due to contamination by the process of making tunta and dumping of water by the inhabitants who are settled on the banks of the Zapatilla river. It was also considered that there are no studies or investigations on the physical, chemical and microbiological quality of the water of the Zapatilla river, in which the following investigation was carried out with the following objectives:

1. Analyze the water of the Zapatilla river basin, Simillaca sector, to animal drink according to physical-chemical parameters.
2. Analyze the water in the Zapatilla river basin, Simillaca sector, for animal drinking according to microbiological parameters.

The methodology used for the development of the research is the descriptive analysis of the physical-chemical and microbiological parameters found in the samples of the river waters, three sampling points were established, P1: Rio Zapatilla Puente Simillaca (upstream), P2 : Rio Zapatilla at 2000 meters from the Simillaca bridge, P3: Rio Zapatilla at 4500 meters from the Simillaca bridge (downstream). At each sampling point, measurements were made in situ and samples were taken for analysis in the laboratory for subsequent comparison with the environmental quality standards for water category 3 D2 Animal drink, obtaining results above the ECAs for water such as: Dissolved oxygen P1: 0.01 mg / l, P2: 0.01 mg / l, P3: 0.01 mg / l, BOD5 P1: 100 mg / l, P2: 140 mg / l, P3: 180 mg / l, being not suitable for Category 3 animal drink; COD P1: 200 mg / l, P2: 220 mg / l, P3: 242 mg / l; It is not suitable for drinking category 3 animals. It is determined that the water quality of the Zapatilla river basin in the Simillaca sector is not suitable for drinking animals.

**Key words:** Water Quality, Sample, Pollution, Environmental Quality Standards

## INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Zapatilla es una de las cuencas aportantes al lago Titicaca tiene un área de 329.8385 km con un perímetro de 90.8337 km su parte más elevada está en la cota 4500 msnm se ubica en el distrito llave, y su parte más baja desemboca al lago Titicaca con una altitud aproximada de 3,800 msnm, presenta una dirección oeste - este.

Se planteó un periodo de muestreo (abril - 2021) para la determinación de la concentración de los parámetros físico – químicos y microbiológicos del río Zapatilla, sector Simillaca (aguas arriba) del puente Simillaca y (aguas abajo). Es por ello que mediante este trabajo de investigación se buscó comparar las aguas del río Zapatilla con los estándares de calidad ambiental para el consumo de Bebida de animales, utilizando procesos y protocolos de muestreo “in situ” para aguas superficiales y el análisis en el laboratorio.

El presente trabajo de investigación proporciona la información descriptiva de los parámetros físicos: Temperatura ( $T^{\circ}$ ), Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Parámetros químicos: Potencial de Hidrógeno (pH), Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitratos ( $\text{NO}_3\text{--N}$ ) + ( $\text{NO}_2\text{--N}$ ) y Nitritos ( $\text{NO}_2\text{--N}$ ). Parámetros Microbiológicos: Coliformes Termotolerantes en las aguas superficiales del río Zapatilla.

La distribución de los capítulos está de la siguiente manera:

En el capítulo I, contiene el planteamiento del problema, antecedentes y objetivos de la investigación.

En el capítulo II, contiene el marco teórico, conceptual y la hipótesis de la investigación.

En el capítulo III, se detalla la metodología de la investigación, zona de estudio, tamaño de la muestra , métodos, técnicas y diseño de la investigación.

En el capítulo IV, se muestra la exposición y análisis de los resultados.

Por último se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones, como también se mencionan las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“El agua es sin duda un factor estratégico para la generación de las riquezas necesarias para el desarrollo y su importancia para la vida la convierte en factor decisivo de la calidad de vida de los pueblos” (Martínez, 2006).

Organización Mundial de la Salud (2006), indica que la escasez del recurso hídrico ocasionará un fenómeno social, que superará al consumismo de la globalización, el peligro que se producirá será una crisis del agua, generando problemas y/o discusiones sociales, sectoriales, regionales y transfronterizos.

El recurso hídrico a nivel mundial tiene en agua dulce un 2,5 a 2,75 %, incluyendo 1,75 – 2 % congelado en glaciares, hielo y nieve, 0,7 – 0,8 % en aguas subterráneas dulces, y en la humedad del suelo, y menos de 0,01% del total es superficial encontrado en lagos, pantanos y ríos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

En la provincia de El Collao, distrito llave en cuenca del río Zapatilla los pobladores del sector Simillaca de la zona rural carecen de agua potable y la necesidad del líquido vital agua, hace que se utilice las aguas del río Zapatilla ya sea para la agricultura, ganadería y diversas actividades productivas de la zona. En los últimos años la calidad del río Zapatilla se vio afectada por la producción de la tunta (chuño blanco) por el aumento de la población en las comunidades aledañas a la cuenca del río Zapatilla a generar ingresos.

Las comunidades asentadas en las riberas de la cuenca del río Zapatilla tiene una población tradicionalmente dedicada a la agricultura y la ganadería y el agua es un elemento básicamente primordial para consumo de bebida de animales mayores y menores, que es sustento económico para las familias. En los últimos años se ha afectado la calidad del agua en la cuenca del río Zapatilla por factores antropogénicos, Por tal motivo el interés en realizar la evaluación de la calidad de las aguas del río Zapatilla para consumo de bebida de animales a través de los parámetros Físico - Químicos y Microbiológicos.

### **1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **PROBLEMA GENERAL**

¿Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, cumplirán los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3 para bebida de animales, de la provincia de El Collao llave 2020?

#### **PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca será apta para bebida de animales, según parámetros físico – químicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3, de la provincia El Collao llave 2020?

¿La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca será apta para bebida de animales, según parámetros microbiológicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 3, de la provincia El Collao llave 2020?

### **1.2. ANTECEDENTES**

#### **1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL**

Martínez (2006), en su tesis denominada “Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del Canal de Chiquimulilla en la Reserva Natural de Usos Múltiples, Monterrico” en la universidad de San Carlos de Guatemala, concluye lo siguiente: resultados mostraron

que los valores más altos y bajos de cada parámetro de todo el estudio fueron: un pH con su valor máximo que fue de 7.99 y el mínimo de 5.92, la temperatura mostró un valor que oscila con un máximo que fue de 34.5 °C y una mínima de 25 °C, la conductividad máxima fue 1878 uS/cm, y una mínima de 0.5 uS/cm, en los sólidos totales disueltos se obtuvo un máximo que fue 934 mg/l, y una mínima de 0.0 mg/l el oxígeno disuelto con su máximo valor que fue 7.69 mg/l y una mínima que fue 0.0 mg/l. En el laboratorio se determinaron la demanda química de oxígeno con un valor máximo de 1539 mg/l y una mínima de 15 mg/l, la demanda bioquímica de oxígeno contó con un valor máximo que fue 37.9 mg/l y una mínima de 1.11 mg/l, el fósforo total obtuvo un máximo de 4.05 mg/l, con una mínima de 0.06 mg/l, el nitrógeno de nitritos obtuvo un valor máximo que fue 0.075 mg/l y una mínima de 0.002 mg/l, el nitrógeno de nitratos con valor máximo que fue 3.7 mg/l y una mínima de 0.3 mg/l, sólidos disueltos totales mostraron un valor máximo que fue 34.441 mg/l y una mínima de 148 mg/l.

Javier Cardona (2003), en su trabajo de investigación: "Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del río La Soledad, Valle de Ángeles" concluye lo siguiente: Los resultados del estudio indican los parámetros una temperatura máxima que fue de 27.75 °C y una mínima de 19.25 °C, el pH como mínimo y máximo fue de 3.19 y 7.97, los Coliformes termotolerantes presenta valores altos que fue de 7860 UFC/100ml y los valores bajos de 0 UFC/100ml, el nitratos mostró como valor máximos que fue de 1.81 mg/l y una mínima de 0.09 mg/l, el fosfato tuvo como valor máximo 0.63 mg/l y una mínima que fue 0.03 mg/l. Las partes bajas de las quebradas Agua Amarilla y San Francisco resultaron más contaminadas.

Ocasio Santiago (2008), en su trabajo de investigación "Evaluación de la calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del río Piedras" concluye lo siguiente: Obtuvo valores de ph en los tiempos de lluvia y seco el más alto fue 7.89 y el más bajo de 7.66, temperatura mínima de 24.3 °C y una máxima de 25.4 °C, conductividad mínima 396.33 uS/cm y una máxima de 436.66 uS/cm, el oxígeno disuelto

estuvo en un rango de 6.53 y 7.56 mg/l, demanda química de oxígeno su valor máximo fue de 7.56 mg/l y el mínimo de 58 mg/l, los coliformes fecales o Termotolerantes el valor máximo fue de 5606 mg/l y el mínimo 5566 mg/l y el nitrato presentó los valores de 0.91 y 1.2 mg/l. Las concentraciones para todos los parámetros está en aumento en la temporada de lluvias, las escorrentías pluviales urbanas y tuberías de desagüe que descargan al río son los mayores contribuyentes de contaminación.

Gil Gomez (2014), en su trabajo de investigación: “Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa” concluye lo siguiente: Los resultados la conductividad el valor máximo en época de sequía fue de 0,274 ms/cm, la temperatura el valor más alta fue de 24.3°C y la más baja con un valor de 16°C, el pH máximo fue de 9.25, y el valor más bajo fue de 7,18, los nitritos se encontraron con valores significativos con un valor máximo de 0,088mg/l, la DBO tuvo un valor máximo de 4 mg/l y una mínima de 0.28 mg/l y la DQO máximo de 26 mg/l y una mínima de 2.2 mg/l, la concentración de nitratos en invierno se observó superior a los valores de verano, los valores de oxígeno disuelto fueron muy similares en todas las estaciones en las dos temporadas evaluadas, las variaciones se deberían a la conducta que tiene cada estación o cada tramo del río, ya que en verano algunas de las quebradas que reciben vertimientos se secan y en invierno se observa un fenómeno de dilución pero al mismo tiempo ocurre una arrastre de materia orgánica.

### **1.2.2. A NIVEL NACIONAL**

Pinto Paredes (2018), en su trabajo de investigación “Calidad de agua superficial en el río Chili – en los sectores de Sachaca, Jacobo Hunter, Tiabaya y Uchumayo para uso de riego de vegetales y bebida de animales en la provincia de Arequipa” en la Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa concluye lo siguiente: Se han monitoreado cuatro puntos de las aguas del río Chili aledaños a los sectores de Uchumayo, Tiabaya, Jacobo Hunter y Sachaca, el primer punto está ubicado aguas arriba de la laguna de Tingo, el

segundo punto está ubicado en paralelo a la intersección de la avenida Arancota con la calle Alata el tercer punto está ubicado aguas abajo del puente de Tiabaya y el cuarto punto 800 m aguas abajo del poblado de Congata. ya sustentado y comparado con los Estándares de Calidad Ambiental según D.S. 015-2015 y D.S. 004-2017 MINAM para los puntos: Punto Villahermosa, Punto Arancota y Punto Puente Tiabaya, se evidencia que sus aguas no son consideradas aceptables para el Riego de Vegetales y Bebida de Animales por la calidad de agua que presenta. Para el Punto Huayco sus aguas son consideradas con una calidad aceptable para el Riego de Vegetales y Bebida de Animales para el D. S. 004-2017, las aguas del río Chili aledañas a los sectores de Sachaca, Tiabaya, Jacobo Hunter no son aptas para el regadío de la vegetación, ni consumo de bebida para animales.

Teves Aguirre (2016), en su trabajo de investigación “Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca, región Lima” en la Pontificia Universidad Católica del Perú concluye lo siguiente: Los valores de pH varían entre 7,22 a 7,87, conductividad eléctrica encontrados fueron de 130 a 470  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , OD en el agua en la primera fue de 5 mg/L, en la segunda están cerca de 6 mg/L. DQO en la primera presenta valores menores a 1 mg/L y en la segunda presenta 3,62 mg/l, nitratos los cuales tienen valores de 0,929 y 0,662, respectivamente, lo cual confirma la contaminación del agua por materia orgánica, en base a los resultados obtenidos se determinó que los parámetros estudiados en el río Caca no sobrepasaron los niveles establecidos en el estándar nacional de calidad ambiental para agua destinada al riego de vegetales y bebida de animales. El río Paluche, uno de los contribuyentes del río Caca, no cumple con los valores establecidos por el ECA para fosfatos (1,052 mg/L), Fe (1,005 mg/L) y pH (6,03). Del análisis realizado se concluye que el río Lincha tiene influencia en la calidad del agua del río Caca.

Puerta López (2019), en su tesis titulada: “Determinación de la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga, a través de los ICA – PE” en la Universidad Nacional de san Martín – Tarapoto concluye lo siguiente: la evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos, a fin de determinar la influencia de la

descarga del río Mayo, en la calidad de agua del río Huallaga, en el periodo comprendido entre los meses de octubre a diciembre del 2018, cuyas concentraciones variaron entre: pH (6.6 y 7.88), temperatura (24.5°C y 26.4°C), conductividad (232  $\mu$ S/cm y 312  $\mu$ S/cm), Oxígeno Disuelto (6.28 mg/L y 7.04 mg/L), DBO5 (valores inferiores a <2.60 mg/L), SST (29 mg/L y 2890 mg/L), Nitratos (0.062 mg/L y 0.994 mg/L).

Mayca Zegarra (2019), en su trabajo de investigación: "Calidad de agua del Río Rímac sector Chicla, Provincia de Huarochirí, departamento de Lima" en la Universidad Nacional Federico Villarreal en su estudio señala, Los valores de las concentraciones de los Parámetros Físico-químicos de Ph, oxígeno disuelto y conductividad, se encuentran por debajo del ECA establecido para agua categoría I – A2. Los valores de las concentraciones de los elementos metálicos del Arsénico, Aluminio, Cobre, Antimonio, Cadmio, Hierro, Zinc, y Plomo se encuentran por debajo del ECA establecido para agua categoría I – A2, exceptuando al metal Manganeso, el cual tiene valores de 2.108 mg/L (EM-07-A) y 2.105 mg/L (EM-07-B), y se encuentra sobrepasando el ECA para agua. Los parámetros microbiológicos (Coliformes Termotolerantes y Totales) se encuentran por debajo del ECA establecido para agua categoría I – A2, con valores de 240 NMP/100ml (EM-07-A), 79 NMP/100ml (EM-07-B) para coliformes termotolerantes, y valores de 540 NMP/100ml (EM-07-A), 130 NMP/100ml (EM-07-B) para coliformes totales respectivamente. sujetos a lo establecido en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, referente legal ambiental decisivo para el análisis de la calidad del agua.

Tamani Aguirre (2014), En su trabajo de investigación: "Evaluación de la calidad de agua del río negro en la provincia de Padre Abad, Aguaytía" en la Universidad Nacional Agraria de la Selva en su estudio señala, que se realizó la evaluación de la calidad de agua del río Negro en los meses de Febrero y Marzo, los resultados obtenidos encontró que el oxígeno disuelto con valor máximo fue de 6.78 mg/l y el más mínima fue de 4.82 mg/l, la conductividad registrada con el mínimo valor fue 10 uS/cm y el máximo fue de 41 uS/cm, la temperatura el valor máximo de 27.7 °C y un mínimo de 22.9°C, la DBO5 la mínima fue de 2.58 mg/l y una máxima de 14.27 mg/l presentando rastros de contaminación. Los

Coliformes Termotolerantes registraron valores promediados de 0 NMP/100 ml, 320 NMP/100 ml y 2575 NMP/100 ml, los cuales se encuentran por encima de los límites establecidos estos resultados indican niveles altos de contaminación por aguas servidas.

### 1.2.3. A NIVEL LOCAL

Pari Condori (2016), en su trabajo de tesis titulada: "Determinación de la calidad de agua del río llave, zona urbana del distrito de llave, Puno – 2016" en la Universidad Privada San Carlos – Puno en su estudio señala, el análisis fisicoquímico y microbiológico, estableciéndose cuatro puntos de muestreo, la distancia entre cada punto de muestreo fue de 1500 metros, se tomó como punto de referencia el Puente internacional de llave. donde los puntos fueron ubicadas aguas arriba y aguas debajo de las descargas de aguas residuales, De los resultados obtenidos se determinó que el estado fisicoquímico del río llave sufrió cambios durante el estudio; en la época seca se encuentro con concentraciones bajas de contaminación, agravándose y considerándose como contaminada en época de transición en el segundo muestreo que fue muy significativo, presentando mayor presencia de contaminantes como: fosfato (1.75, 2.1, 1.56 y 1 .45 mg/L), DBO5 (84,96,76 y 72 mg/L), DQO (183, 218, 173 y 165 mg/L), también se determinó la presencia de Coliformes fecales; la más alta en el segundo muestreo con concentraciones de hasta (3200 NMP/100 ml).

Dalens Campos (2018), en su trabajo de investigación: "Evaluación de la calidad del agua de la cuenca Llallimayo de la provincia de Melgar, Región de Puno" en la Universidad Jose Carlos Mariategui concluye lo siguiente: Se manifiesta la presencia de estos metales en las aguas de la Cuenca Llallimayo podría ser a causa de la actividad Antropogénica de la "Empresa Minera ARUNTANI SAC.", por movimiento de tierras y arrastre de escorrentías superficiales de los drenajes y en época de lluvias, En los puntos monitoreados de la Cuenca Llallimayo, los parámetros físicos OD y PH superan los ECAS Agua, así mismo los Parámetros Químicos Aluminio (Al), Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn), exceden los ECA-agua de la Categoría 3, lo que Indica que las aguas

de la Cuenca Llallimayo se encuentran afectadas por contaminación, siendo no aptos para consumo Humano, Bebida de animales y Riego de Vegetales de tallo alto y bajo.

Amachi Ortega (2016), en su trabajo de tesis: "Evaluación de los niveles de contaminación del agua del río llave y sus tributarios" en la universidad nacional de altiplano – puno concluye lo siguiente: Se ha logrado identificar un total de 21 puntos de muestreo dentro de la cuenca del Río llave obteniendo los siguientes resultados: la temperatura: El punto P-14 para la categoría 4 Conservación del Medio Ambiente no se encuentran dentro de los parámetros de calidad teniendo un parámetro de 13.5°C sobrepasando el valor máximo que es 13°C. El PH: El punto P-16 para la categoría 4 Conservación del Medio Ambiente no se encuentran dentro de los parámetros de calidad teniendo un parámetro de 9.4 U. pH sobrepasando el valor máximo que es 9 U. pH. La Conductividad: Según el D.S. N°015-20015-MINAM el nivel máximo permisible es de 1000 (uS/cm) según nuestros resultados obtenidos los 21 puntos de muestreo se encuentran dentro de los parámetros establecidos. Oxígeno Disuelto: el punto P-05 según es el único que no se encuentra dentro de los estándares de calidad el D.S. N°015-2015-MINAM nos dice que el nivel mínimo permisible es de  $\geq 5$  mg/l, teniendo una lectura en este punto de 4.9 mg/l. Total de Sólidos Disueltos: Según el D.S. N°015-2015-MINAM el nivel máximo permisible es de 1000 (g/l) según nuestros resultados obtenidos los 21 puntos de muestreo se encuentran dentro de los parámetros establecidos. Demanda Bioquímica de Oxígeno: El punto P-05 según es el único que no se encuentra dentro de los estándares de calidad el D.S. N°015-2015 MINAM nos dice que el nivel máximo permisible es de 10 mg/l, teniendo una lectura en este punto de 13.9 mg/l. En cuanto a los ríos tributarios Río Grande, Río Blanco, Río Huenque se puede decir que estos se encuentran con una calidad de agua buena presentando una contaminación mínima en cuanto se refiere a la DBO, encontrándose los demás parámetros dentro de los ECAs, para la categoría cuatro conservaciones del Ambiente Acuático.

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca según parámetros fisicoquímicos y microbiológicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental, para bebida de animales de la Provincia de El Collao, Ilave.

#### **1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS**

Analizar el agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, para bebida de animales según parámetros físico - químicos.

Analizar el agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, para bebida de animales según parámetros microbiológicos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. Cuenca

La cuenca es aquella depresión o forma geográfica que hace que el territorio vaya perdiendo altura a medida que se acerca al nivel del mar. Las cuencas hidrográficas son aquellas que hacen que el agua que proviene de las montañas o del deshielo, descienda por la depresión hasta llegar al mar. En algunos casos, la cuenca puede no alcanzar el nivel del mar si se trata de un valle encerrado por montañas, en cuyo caso la formación acuífera será una laguna o lago (Bembibre, 2010).

##### 2.1.2. El Agua

El agua, es una sustancia imprescindible para la vida, por sus múltiples propiedades, es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), el uso doméstico (6%), entre otras, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta. De ahí la importancia de conservar y mantener la calidad de las fuentes naturales, de manera que se garantice su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones (ONU, 1992).

Los cuerpos de agua se pueden caracterizar analizando básicamente tres componentes: su hidrología, sus características fisicoquímicas y la parte biológica. Para llevar a cabo un análisis y evaluación completa de calidad del agua, es necesario monitorear estos tres componentes (Sierra, 2011).

### 2.1.3. Calidad de agua

La calidad del agua reviste tanta importancia como su propia escasez, sin embargo, no se visionan las consecuencias. Refiriéndose al conjunto de sustancias en el agua que indican si puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria. Es de vital importancia, tanto para la salud humana como para el bienestar de la sociedad, contar con un abastecimiento seguro y conveniente, de satisfacción para el consumo humano, Dado que el agua es un líquido vital para los seres vivos, debe poseer un alto grado de potabilidad que puede resumirse en: condiciones físicas, condiciones químicas y condiciones biológicas (Mejía Clara, 2005).

### 2.1.4. Parámetros físicos

#### Temperatura (T°)

La temperatura de un agua se establece por la absorción de radiación en las capas superiores del líquido. Las variaciones de temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en agua y en general a todas sus propiedades, tanto químicas como microbiología. Aunque la temperatura de un agua superficial está ligada a la irradiación recibida, la de las aguas profundas de embalses y lagos de nuestras latitudes experimentan una secuencia cíclica caracterizada por dos períodos: Uno de "mezcla térmica" con temperatura similar en profundidad, y otro de "estratificación térmica" con aguas más cálidas en superficie y más frías en el fondo e imposibilidad de mezcla vertical de capas de agua. Estos períodos rigen las características fisicoquímicas de la masa de agua en cada caso. La temperatura de las aguas subterráneas depende del terreno, naturaleza de las rocas, profundidad de la surgencia y fenómenos magmáticos que puedan existir (Marín, 2014).

#### Conductividad

La conductividad es producida por los electrolitos disueltos en agua y en ella influyen: terreno drenado, composición mineralógica, tiempo de contacto, gases disueltos, pH y todo lo que afecte a la solubilidad de sales. Existe una relación entre ella y el residuo seco que se ha visto más arriba. Concretamente, en un agua natural no muy

contaminada, si cumple que el valor del residuo seco en mg/L oscila entre 0,5 y 1,0 veces el valor de conductividad, expresada en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Marín, 2014).

### **2.1.5. Parámetros químicos**

#### **Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH es una variable importante en el manejo de la calidad del agua pues influye en los procesos químicos y biológicos. Mide el balance de acidez de una solución y se define como el logaritmo negativo en base 10 de la concentración del ión  $\text{H}_3\text{O}^+$ . La escala de pH va del 0 al 14 (muy ácido a alcalino), el valor de 7 representa la neutralidad. En un agua no contaminada el pH es el controlador principal del balance entre el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_3$  y el  $\text{HCO}_3^-$ , así como de otros compuestos naturales como los ácidos fúlvicos y húmicos (Comisión Nacional del Agua, 2007).

Es la concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, es la que indica si ésta actuará como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina. Es una medición valiosa para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos. Esta mide la acidez o la alcalinidad del agua (Mejía Clara, 2005).

#### **Oxígeno disuelto (OD)**

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más relevantes a la hora de evaluar la calidad del agua. Está asociado a la contaminación orgánica. Su concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad y posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce. Cuando existen condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos. Una vez que se consume todo el oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos (Mejía Clara, 2005).

#### **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).**

Es un parámetro que representa la materia orgánica biodegradable. Es la más usada para determinar la eficiencia de los tratamientos que se aplican a los líquidos residuales. Se da cuando ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso de agua, captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas

reductoras. Esta es una medida de la estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral como el hierro, nitritos, amoníaco, sulfuro y cloruros (Mejía Clara, 2005).

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

DQO es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua expresada en mg/L y se emplea un oxidante (dicromato potásico). que se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO (DIGESA, 2010).

### **Nitritos**

Son un estado intermedio de oxidación entre el amonio y los nitratos. En aguas superficiales su concentración no suele superar los 0,100 mg/L, siendo mucho más abundantes en ríos contaminados por aguas residuales urbanas y/o industriales. También se dan en aguas subterráneas pobres en oxígeno, así como en zonas anóxicas de lagos y embalses estratificados térmicamente. Los NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, al igual que los NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pueden transformar en el interior del organismo la hemoglobina en metahemoglobina, dificultando la respiración celular, además de presentar potencial capacidad cancerígena (Marín, 2014).

### **Nitratos**

Proceden de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales, y de la contaminación por efluentes agrícolas e industriales. En aguas de superficie no contaminadas no suelen superar los 10 mg/L, pero en aguas subterráneas contaminadas por abonados pueden superar ampliamente los 50 mg/L. Las aguas depuradas vía biológica pueden contener cantidades importantes de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mediante el conocido proceso de nitrificación biológica (Marín, 2014).

## **2.1.6. Parámetro microbiológico**

### **Coliformes termotolerantes**

Los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes, son todos los bacilos cortos que difieren del grupo coliforme total por su capacidad para crecer a una temperatura de entre 44 y 45 °C. Abarca los géneros *Escherichia* y parte de algunas especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. De ellos, sólo *E. Coli* es específicamente de origen fecal y se encuentra siempre presente en las heces de humanos, otros mamíferos y gran número de aves. Los coliformes fecales no se encuentran en aguas y suelos que no han estado sujetos a contaminación fecal. Por ello, desde el punto de vista de la salud, el grupo coliforme fecal es mucho más útil que el total, pues se relaciona con la probabilidad de encontrar patógenos excretados (Comisión Nacional del Agua, 2007).

#### **2.1.7. Aguas superficiales**

El agua superficial se define como cualquier cuerpo de agua abierto a la atmósfera susceptible de fluir o permanecer en reposo como corrientes, ríos, lagunas, lagos y embalses. Estas fuentes se alimentan de la precipitación directa, o bien, por la descarga de agua de algún manto freático. En las corrientes y ríos (con velocidad entre 0.1 y 1 m/s) el volumen de agua varía debido a la precipitación y derrames accidentales, además, son susceptibles de introducir y transportar contaminantes hacia la red de suministro del agua potable (Comisión Nacional del Agua, 2007).

#### **2.1.8. Contaminación**

La contaminación de un ambiente hídrico significa la introducción por el hombre directa o indirectamente por sustancias o energías lo cual resulta en dificultades como daños en los organismos, efectos sobre la salud de los humanos, impedimento de actividades acuáticas como natación, pesca, etc.(Sierra, 2011).

#### **2.1.9. Contaminación del agua**

la contaminación de espacios acuáticos, tiene repercusión en cuanto a la calidad del agua, puesto que la presencia de sustancias nocivas, repercute negativamente en seres vivos, incluyendo en la salud de los seres humanos; de igual forma la contaminación

hídrica conlleva al impedimento de actividades acuáticas, limitaciones en cuanto a la producción con uso de riego, entre otros (Sierra, 2011).

El agua no sólo es parte esencial de nuestra propia naturaleza física y la de los demás seres vivos, sino que también contribuye al bienestar general en todas las actividades humanas, el agua que procede de fuentes superficiales (ríos, lagos y quebradas), es objeto día a día de una severa contaminación, producto de las actividades del hombre; éste agrega al agua sustancias ajenas a su composición, modificando la calidad de ésta (Rondón, 2012).

#### **2.1.10. Marco normativo**

##### **Constitución Política del Perú**

En el Título I, Capítulo I, artículo 2º inc. 22 dice, “que toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida”. Además, en el título II y capítulo II, artículos 66º al 68º sostiene “que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación, por ende, el Estado es soberano en su aprovechamiento; así mismo el Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de recursos naturales y está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas”.

##### **Resolución Jefatural N° 202 – 2010 – ANA**

La Autoridad Nacional del Agua 2010 emite la resolución Jefatural N° 202-2010- ANA, con fecha 22 de marzo del 2010, donde aprueba la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros.

##### **Protocolo nacional para el monitoreo para la calidad de los recursos hídricos superficiales**

Este protocolo fue aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, con fecha 11 de enero del 2016, por la autoridad nacional del agua (ANA). El objetivo de esta resolución, es de estandarizar los criterios y procedimientos técnicos para desarrollar el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino-costeros. En el

capítulo 6 del protocolo se describe la metodología a utilizar para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales; en donde se considera la logística mínima necesaria, planificación, ejecución y aseguramiento de la calidad del muestreo.

### **Ley N° 28611 - Ley General de Ambiente**

Según la Ley N° 28611, establece en sus artículos 66, 90 y 120 que la prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del estado a través de la Autoridad de Salud y de las personas jurídicas y naturales contribuir a una gestión del ambiente. Por otra parte, en el artículo 90 el estado promueve y controla el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales a través de gestión integrada.

### **Inciso N° 1 del Artículo 31, Capítulo III, Título I**

El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

### **Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua a través del D.S. 004-2017-MINAM, en el cual se menciona los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental, para el Agua y los lineamientos para no excederlos, con el objetivo de proteger los recursos hídricos y promover el Desarrollo Sostenible. Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental se establecen mediante categorías, siendo señaladas en 4 categorías de dicha norma.

La presente norma tiene por objeto compilar 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, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto

Supremo y Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

### **Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

#### **Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

**Agua para riego no restringido:** Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

**Agua para riego restringido:** Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

#### **Subcategoría D2: Bebida de animales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Agua:** Es un compuesto químico formado por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O), o un ión de hidrógeno y otro de hidroxilo (OH). su fórmula es H<sub>2</sub>O. El agua es un elemento fundamental para el desarrollo de la vida. (Davila, 2011).

**Aguas residuales:** son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo. Las aguas de composición variada proveniente de las descargas de usos poblacionales, industriales, agrícolas, pecuarias y general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas. (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

**Aguas para bebedero de animales:** Entiéndase como aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, ovino, porcino, equino o camélido, y para animales menores, como ganado caprino, cuyes, aves y conejos. (Ministerio del Ambiente, 2017).

**Aguas superficiales:** Aguas superficiales continentales son todas las aguas quietas o corrientes en la superficie del suelo. Se trata de aguas que discurren por la superficie de las tierras emergidas (plataforma continental) y que, de forma general, proceden de las precipitaciones de cada cuenca. (Davila, 2011).

**Contaminación del agua:** Es la alteración de sus características naturales principalmente producida por la actividad humana que la hace total o parcialmente inadecuada para el consumo humano o como soporte vital de plantas y animales. Como resultado de la contaminación, el agua ha sufrido cambios en su color y composición. (Peñaloza, 2012).

**Cuenca hidrográfica:** Es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica está delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. (Davila, 2011).

**Estándar de Calidad Ambiental (ECA).** Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y

biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. (Congreso de la República, 2005).

**Parámetro:** dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación. Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico (Real Academia Española, 2001).

**Riberas:** las riberas son las áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos, lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el que este alcance en sus mayores avenidas o crecientes ordinarias. (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

**Río:** Concentración de las aguas de escorrentía en un cauce definido y sobre el cual discurren. Todo río tiene tres secciones: Curso superior, Curso medio y Curso inferior. Las características de las geoformas son descritas en el proceso geológico fluvial. (Davila, 2011).

## 2.3. HIPÓTESIS

### 2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, no son muy apropiadas de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3 para bebida de animales, de la provincia de el Collao llave 2020.

### 2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca no es apta para bebida de animales, según parámetros físico – químicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3.

La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca no es apta para bebida de animales, según parámetros microbiológicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 3.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

La cuenca del río Zapatilla es una de las cuencas aportantes al lago Titicaca Tiene un área de 329.8385 Km con un perímetro de 90.8337 km su parte más elevada está en la cota 4500 msnm se ubica en el distrito llave, y su parte más baja desemboca al lago Titicaca con una altitud aproximada de 3,800 msnm, presenta una dirección oeste - este.

La zona de estudio de la cuenca del río Zapatilla se localiza al sur del departamento de Puno, en la provincia de El Collao y en el distrito de llave. geográficamente se encuentra entre las coordenadas 16°5'17.13" latitud sur, 69°37'55.76" longitud oeste, 440000 este, 8200000 norte.

Los ríos principales de la subcuenca son los: río Camellaque, río Anuanuni, río Jaruni.

**La cuenca zapatilla colinda con las siguientes cuencas:**

Norte – cuenca del río llave

Este – sub cuenca del río Salado

Sur – cuenca del río Callacame y río llave

Oeste – cuenca del río llave



**Figura N° 01:** Zona de estudio

Fuente: Google Eart

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.2.1. Población

Agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, distrito llave y provincia El Collao.

#### 3.2.2. Muestra

La muestra está constituida por los puntos de muestreo identificados por GPS que consta de 3 puntos georreferenciados.

**El punto N° 1:** Rio Zapatilla puente Simillaca (aguas arriba)

**El punto N° 2:** Rio Zapatilla a 2000 metros del puente Simillaca (aguas abajo)

**El punto N° 3:** Rio Zapatilla a 4500 metros del puente Simillaca (aguas abajo)

Se realizará el cálculo del tamaño de la muestra mediante la fórmula estadística:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 P Q N}{Z_{\alpha/2}^2 P Q + (N-1) \epsilon^2}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra 3.
- Z = Nivel de confianza 95% = 1.69.

- P = Probabilidad de que ocurra un evento estudiado, Variabilidad positiva 50% = 0.5.
- Q = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado, Variabilidad negativa 50% = 0.5.
- N = Tamaño de la población 5.
- $\varepsilon$  = Error de la estimación máxima aceptada 0.05.

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 3.3.1. Métodos

**Instrumentos:** utilizados son los siguientes:

“Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales”, aprobado mediante resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (anexo 08)

“Estándares de calidad ambiental para agua” aprobado por el D.S. N° 004- 2017- MINAM, Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales - Subcategoría D2: Bebida de animales (anexo 07).

#### **Etapa 1: Gabinete inicial**

La búsqueda de la información bibliográfica confiable se realizó a partir de libros, artículos, tesis, enciclopedias, revistas y entre otros.

Selección y sistematización de la información recopilada.

Coordinación e identificación para el acceso a los puntos de monitoreo se coordinó previamente con las autoridades comunales, para definir el cronograma de los trabajos en campo.

Redacción del perfil de proyecto siguiendo la estructura autorizada en base al estilo American Psychological Association – APA.

Elaboración de los mapas geográficos de los puntos de monitoreo y sus rutas de accesibilidad a zonas de monitoreo del agua.

Elaboración de formatos de campo según modelo establecido por el protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales (anexo 04).

**Etapa 2: campo**

En esta etapa se realizó una visita previa de campo y se realizó un recorrido a lo largo de la cuenca del río Zapatilla Sector Simillaca.

Para ubicar los puntos de monitoreo se tomó el criterio establecido en el “protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” R.J. N° 010-2016 – ANA. Se consideraron tres (03) puntos de monitoreo (aguas arriba y aguas abajo), la ubicación de los puntos de monitoreo pre establecidos fueron identificados y validados haciendo uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

**Tabla 01:** Recolección de muestras por punto.

| Puntos de muestreo | Lugar de muestreo  | Hora de muestreos     | UTM      |         |
|--------------------|--|-----------------------|----------|---------|
|                    |  |                       | Este     | Norte   |
| P-1                | Rio Zapatilla<br>puente Simillaca<br>(aguas arriba)                    | 9:50 am/ 10:10<br>am  | 04331012 | 8211228 |
| P-2                | Rio Zapatilla a<br>2000 metros de<br>puente Simillaca                  | 10:25 am/ 10:45<br>am | 0431762  | 8211384 |
| P-3                | Rio Zapatilla a<br>4500 metros de<br>puente Simillaca<br>(aguas abajo) | 10:56 am/ 11:15<br>am | 0432099  | 8211945 |

Elaboración propia – 2021

Siguiendo las recomendaciones del protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, el monitoreo se realizó por única vez en la temporada de avenida (abril).

Los parámetros que se midieron en campo fueron: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, para la cual se utilizó el equipo de multiparametro marca HANNA, modelo HI 9828. Las mediciones se realizaron directamente en el cuerpo de agua.

Se recolectó muestras de agua de 1000 ml y 500 ml en recipientes que fueron etiquetados según parámetro de evaluación y siguiente en lo establecido en el “protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” R.J. N° 010-2016 – ANA.

### **Etapa 3: Laboratorio**

Análisis de las muestras fueron evaluadas en el laboratorio de INIA - Puno los parámetros de Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitritos, Nitratos y los parámetros de Coliformes Termotolerantes fueron evaluadas en el laboratorio de red de salud chucuito unidad de salud ambiental Juli.

### **Etapa 4: Gabinete final**

Procesamiento de datos: a partir de los datos obtenidos se realizó la interpretación de los resultados y luego los valores son comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, sub categoría D2: Bebida de animales establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

#### **3.3.2. Técnicas**

La técnica a utilizarse para la recolección de datos será mediante la toma de muestras, manual e in situ de una muestra por punto, para su posterior análisis en el laboratorio para el análisis de parámetros físico - químicos y microbiológico, se tomó una (01) muestra durante la temporada de avenida, en tres (03) puntos de monitoreo siguiendo la metodología establecida en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Además, se tuvo en cuenta que, en el presente protocolo se establece que el investigador tiene la facultad de elegir cuantos puntos de monitoreo va a realizar y en qué temporada; de la cual los resultados serán sólo y únicamente válidos para esos puntos y esa temporada, sobre todo si la fuente recibe impacto antrópico.

**3.3.3 Materiales y equipos**

**Tabla 02:** Equipos

| N° | EQUIPOS                     | CANTIDAD |
|----|-----------------------------|----------|
| 01 | GPS Garmin                  | 01       |
| 02 | Cámara fotográfica          | 01       |
| 03 | Computadora Core i3         | 01       |
| 04 | Multiparametro HANNA HI9828 | 01       |

**Tabla 03:** Materiales

| N° | MATERIALES                                     | CANTIDAD |
|----|--|----------|
| 01 | Ficha de registro de datos de campo<br>apuntes | 01       |
| 02 | Cinta adhesiva                                 | 01       |
| 03 | Plumón indeleble                               | 01       |
| 04 | Frascos de muestreo de 1000 ml y 500 ml        | 06       |

**Tabla 04:** Indumentaria de protección

| N° | INDUMENTARIA DE PROTECCIÓN    | CANTIDAD |
|----|-------------------------------|----------|
| 01 | Guantes de látex descartables | 03       |
| 02 | Mascarillas descartables      | 02       |
| 03 | Zapatos de seguridad          | 01       |

**3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

**Tabla 05:** Identificación de variables

| Variable | Dimensiones        | Indicadores      |
|----------|--------------------|------------------|
|          |                    | Temperatura      |
|          |                    | Conductividad    |
|          |                    | pH               |
|          |                    | Oxígeno disuelto |
|          | Parámetros físicos | DBO              |
|          | químicos           | - DQO            |
|          |                    | Nitritos         |
|          |                    | Nitratos         |

Variable Independiente

|                      |                               |                            |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------|
|                      | Parámetros<br>microbiológicos | Coliformes termotolerantes |
| Variable dependiente | Calidad de agua               | Apta<br>No apta            |

---

*Elaboración propia - 2021*

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

#### 3.5.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de carácter descriptiva o cualitativa porque se pretende describir las variables.

#### 3.5.2. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación es el descriptivo simple porque se pretende describir los parámetros físico - químicos y microbiológicos encontrados en las muestras de las aguas a recolectar en un periodo y espacio y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga. El estudio consistió en la toma de una muestra directamente del agua de la cuenca del río Zapatilla.

En el siguiente esquema se puede apreciar el diagrama del diseño de investigación asumido:

**M → O**

dónde:

M = Muestra de estudio

O = Observación

### 3.5.3. Diseño estadístico

Método estadístico descriptivo, siendo necesario establecer las diferencias que pudieran existir entre los puntos de muestreo, realizando un análisis de la varianza en un diseño de bloque completo al azar, modelo lineal.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

i : Puntos de muestreo (i=1,2).

j : Repeticiones expresado en meses (j=1,2,3).

Yij : Variable de medición del parámetro.

$\mu$  : Media general.

$\alpha_i$  : Efecto de i-esimo punto de muestreo.

$\beta_j$  : Efecto de bloque por mes de muestreo.

$e_{ij}$  : Error experimental (0.05).

En base a la promedio obtenida para cada parámetro, se hallará la diferencia utilizando el programa, obteniendo también la Desviación Estándar (S2) para una mejor interpretación.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El presente capítulo está estructurado básicamente en tres partes, de acuerdo al cumplimiento de cada objetivo planteado; se realizó la evaluación y análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los tres puntos de muestreo de las aguas de la cuenca del río Zapatilla.

#### 4.1. PARÁMETROS FÍSICOS – QUÍMICOS

Los resultados obtenidos de los parámetros físicos y químicos en los 3 puntos de muestreo en la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, se muestran en gráficos y tablas para cada parámetro analizado:

##### a. Temperatura

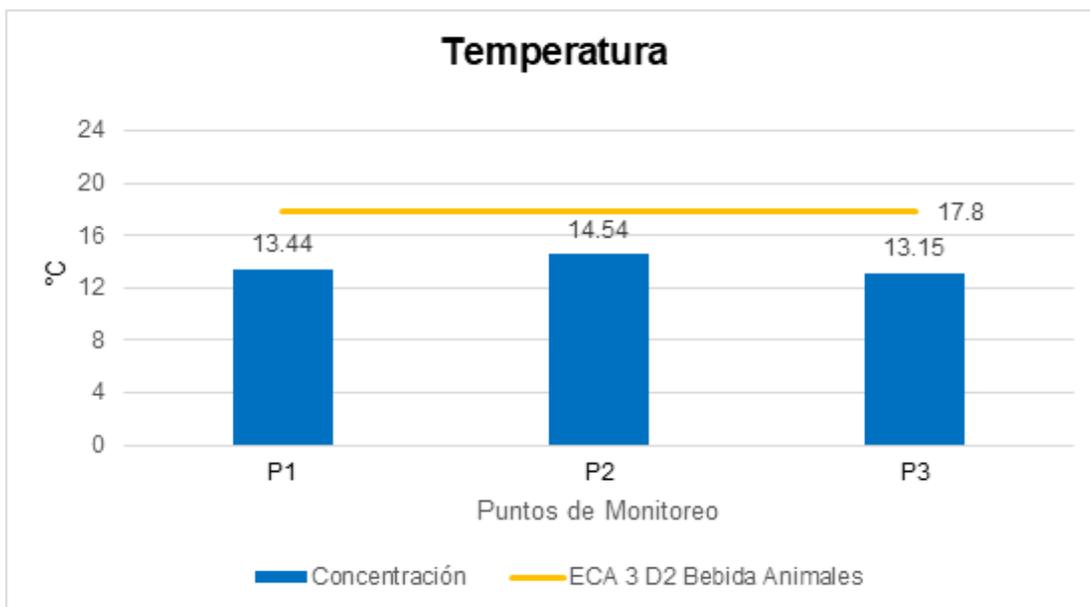
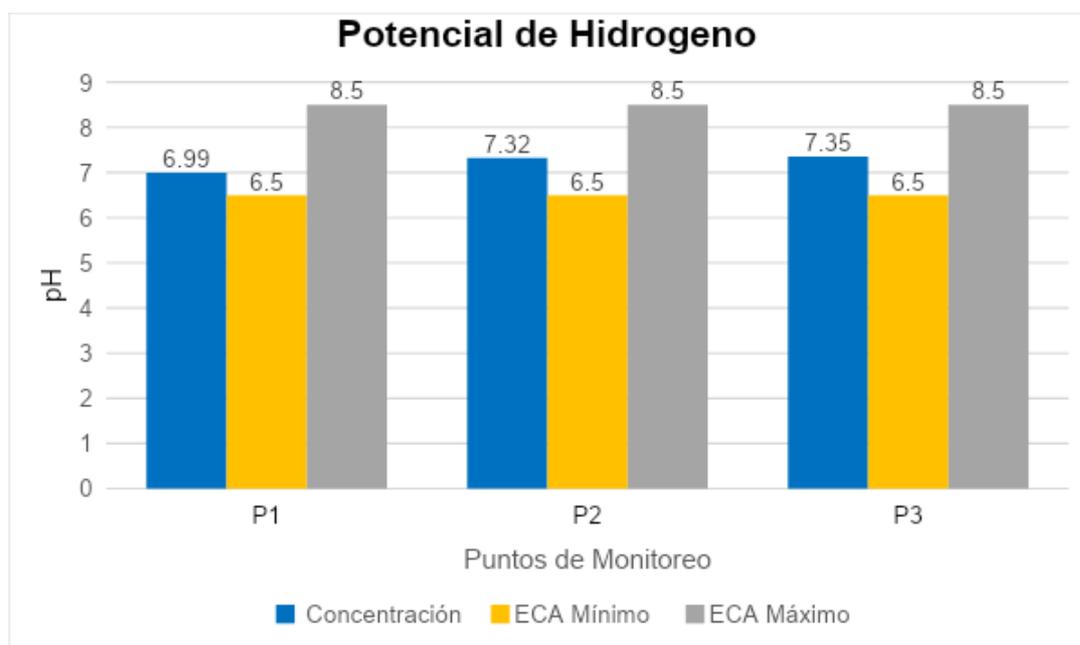


Figura N° 02: Concentración de temperatura

En la figura N° 02 se muestra los valores obtenidos de la temperatura en la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, en donde se registró una temperatura en los tres puntos de monitoreo P-1= 13.44 °C, P-2= 14.54 °C y P-3= 13.15 °C en el mes abril (anexo 05), donde el valor de los tres puntos de monitoreo se encuentra en los establecido en la categoría 3, subcategoría D2 “Bebida de animales” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua ( $\Delta$  3), de variación con respecto al promedio mensual multianual (17.8). El promedio para dicha zona fue 13.71 °C con una desviación estándar de 0.73328 (ver tabla 07) anexo 02, las variaciones de la temperatura en el mes de abril es debido a las condiciones del caudal.

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Amachi (2016), obtuvo un valor mínimo de 3.69 y el valor máximo de 13.67 °C, además señala que las variaciones de la temperatura son originadas por vientos e intensidad de radiación a profundidades donde la transparencia del agua permite la dispersión de los rayos solares.

**b. Potencial de Hidrógeno**

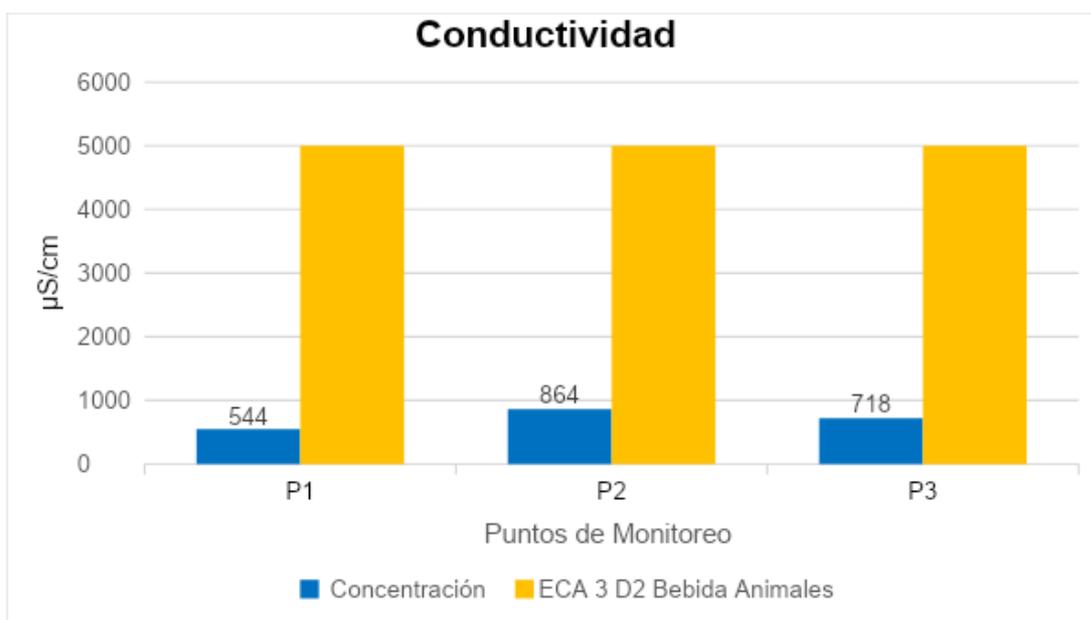


**Figura N° 03:** Concentración de Potencial de hidrógeno

En la figura 03 se muestran los valores obtenidos del potencial de hidrógeno (pH) en la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, registrándose los tres puntos de monitoreo P-1= 6.99, P-2= 7.32 y P-3= 7.35 (anexo 05), los valores se encuentran dentro de lo establecido en la categoría 3, subcategoría D2 “Bebida de animales” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (6,5 – 8,4), el promedio para dicha zona fue de 7.22 con una desviación estándar de 0.19975 (ver tabla 08) anexo 02.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen según Martínez (2006), encontró un valor máximo que de 7.99 y el mínimo de 5.92, además señala que esta tendencia a una disminución de pH se debe a la precipitación característica de la temporada de lluvias y a la cantidad de materia orgánica disuelta en el río. Ocasio (2008), obtuvo un pH con un valor más alto fue de 7.89 y el más bajo de 7.66 en tiempo de lluvia y seco, señala que esto es saludable para la vida del organismo y para consumo humano y no demuestra contaminación.

**c. Conductividad**



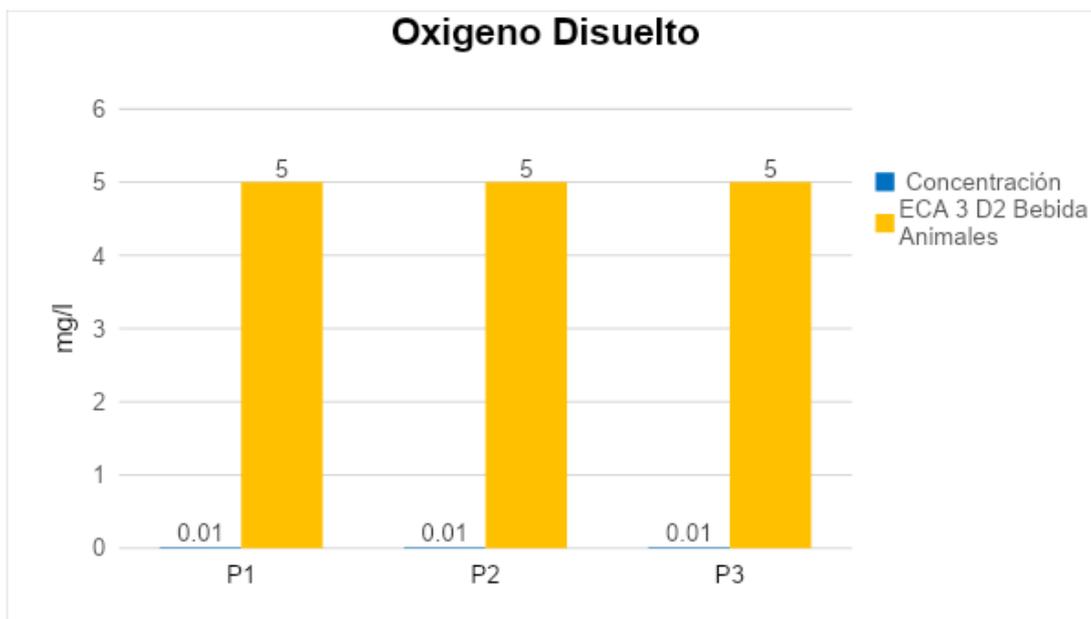
**Figura N° 04:** Concentración de conductividad.

En la figura N° 04 se muestra los valores obtenidos de la conductividad en la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, en donde se registraron los tres puntos de monitoreo los

resultados evaluados: P-1= 544  $\mu$ S/cm, P-2= 864  $\mu$ S/cm y P-3= 718  $\mu$ S/cm (anexo 05), indican que los valores se encuentran dentro de lo establecido por la normativa, con respecto a la categoría 3, subcategoría D2 “Bebida de animales” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, quien tiene un valor máximo de 5000  $\mu$ S/cm, con un promedio de 708.6  $\mu$ S/cm y una desviación estándar de 160.20404 (ver tabla 09), las concentraciones se debe a las precipitaciones dichas de temporada y a la geología del lugar en estudio.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Ocasio (2008), encontró una conductividad con un valor máximo 436.66 uS/cm y un valor mínimo de 396.33 uS/cm, señala que obtuvo valores altos de conductividad en tiempo de lluvia y que está relacionada a las formaciones geológicas del lugar, donde la conductividad en los ríos y arroyos es afectada sobre todo por la geología del área en la cual el agua fluye. Pari (2016), obtuvo en los puntos de muestreo para la conductividad fueron 820 uS/cm el valor más alto y el valor más bajo 390 uS/cm, señala que los valores tienen relación con las precipitaciones registradas en dicho mes favoreciendo la disolución de los aniones y siendo depurados por el aumento del caudal.

**d. Oxígeno Disuelto**

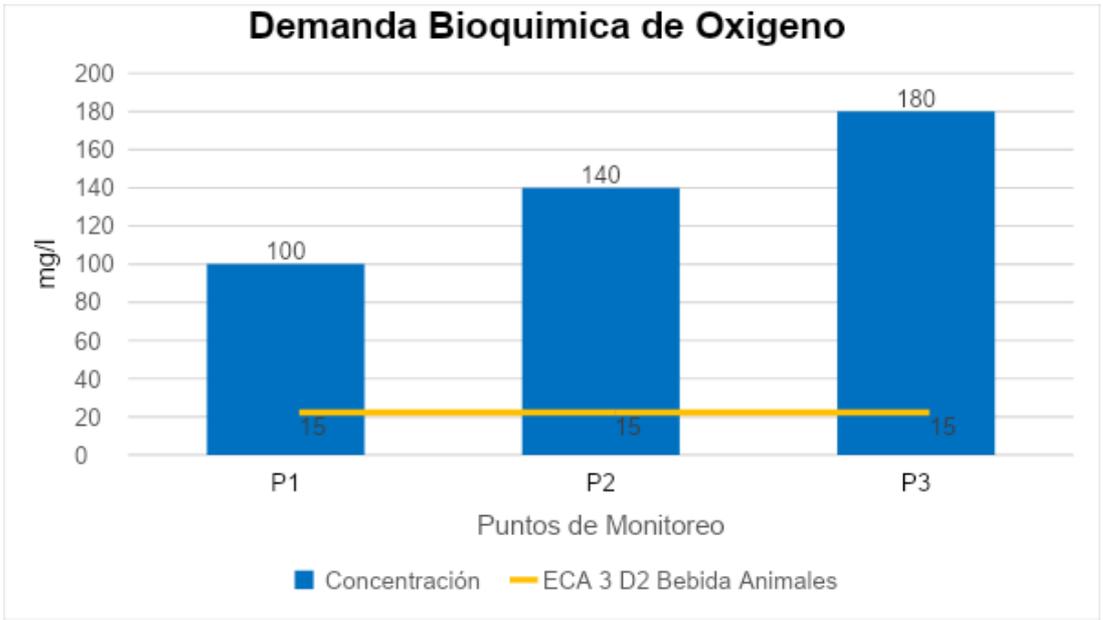


**Figura N° 05:** Concentración de oxígeno disuelto

En la figura N° 05, se muestran los resultados respecto a la concentración de oxígeno disuelto en cada punto de monitoreo en la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, correspondiente a la época de avenida. Los valores obtenidos de oxígeno disuelto en los tres puntos de muestreo: P-1= 0.01 mg/L, P-2= 0.01 mg/L y P-3= 0.01 mg/L (anexo 05), que no se encuentran dentro de los valores establecidos en la categoría 3, subcategoría D2 “bebida para animales” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua que es de ( $\geq 5$  mg/L). El promedio obtenido para dicha zona fue de 0.01 mg/L con una desviación estándar de + 0 (ver tabla 10) anexo 02, la contaminación río Zapatilla se debe a materia orgánica por consiguiente el oxígeno disuelto tiene una concentración baja.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Pari (2016), obtuvo valores de oxígeno disuelto fueron de 5.8 mg/L como valor más alto y el valor más bajo fue de 4.2 mg/L, además señala que el aumento del caudal influyó de manera significativa diluyendo el material orgánico presente, además de ello el movimiento del agua hace que el río de oxígeno, señala la concentración baja de oxígeno es a factores del vertimiento antropogénico de aguas residuales domésticas clandestinas y las escorrentías de los cultivos con presencia de fertilizantes ricos en materia orgánica. Ocasio (2008), obtuvo valores de oxígeno disuelto que se mantuvo en un rango de 6.53 y 7.56 mg/l en tiempo seco y lluvioso este resultado atribuye a las algas fotosintéticas que oxigenan el agua, así mismo el valor más bajo de las tres estaciones se presentó en el vertimiento de desagüe temporal y el agua discurre lentamente lo cual disminuye el oxígeno disuelto.

**e. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**



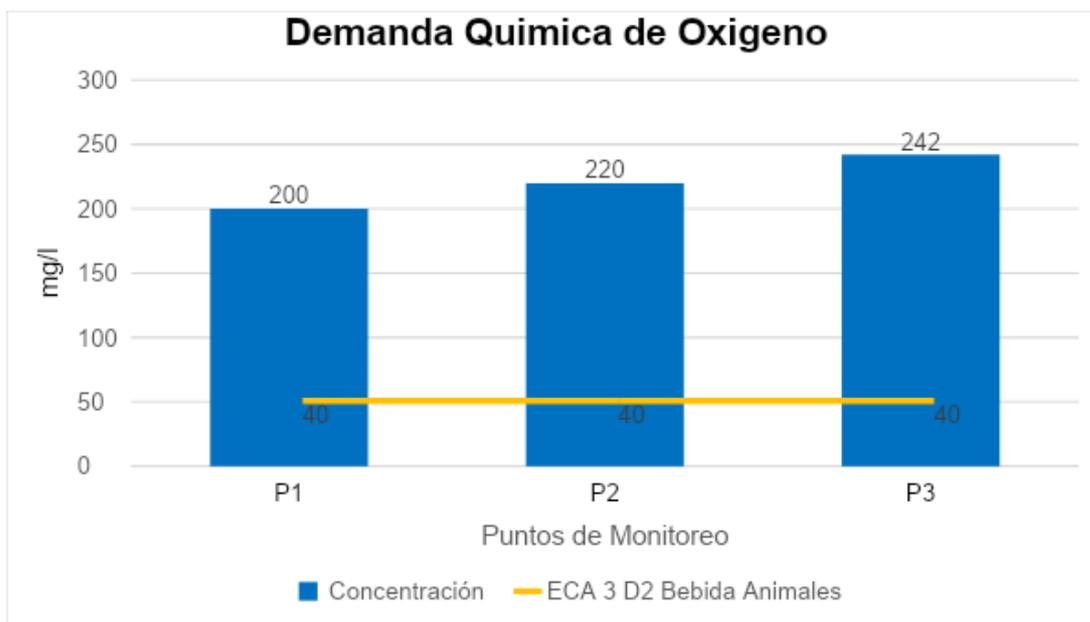
**Figura N° 06:** Concentración de demanda bioquímica de oxígeno

En la figura N° 06, se muestra la concentración de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en cada punto de muestreo en la cuenca río Zapatilla sector Simillaca, los resultados obtenidos en tres puntos evaluados en el P-1= 100.00 mg/L, P-2= 140.00 mg/L y P-3= 180.00 mg/L (anexo 05), indica que los valores se encuentran superior al mínimo establecido por la normativa, con respecto a la categoría 3, subcategoría D2 “Bebida de animales” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua del D.S N° 004-2017 – MINAM que tiene de valor de 15 mg/L. El promedio obtenido para dicha zona fue de 140 mg/L con una desviación estándar de 40 (ver tabla 11) anexo 02, las concentraciones más altas se deben a la presencia de materia orgánica no diluidas ni depuradas que demanda un mayor oxígeno en el río Zapatilla.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Tamani (2014), Obtuvo valores que muestran una DBO5 mínima de 2.58 mg/l y un valor máximo de 14.27 mg/l en la temporada del mes de febrero, señala que el agua del río presenta rastros de contaminación por las conexiones directas de las aguas residuales domésticas que poseen las viviendas cercanas al cauce del río. Pari (2016), obtuvo valores para la DBO5 de 96 mg/l el valor más alto y el valor más bajo de 19.61 mg/l, señala que las

concentraciones altas se relacionan con las precipitaciones que arrastraron grandes cantidades de materia orgánica entre otros por el drenaje de agua pluvial urbano.

#### f. Demanda Química de Oxígeno (DQO)



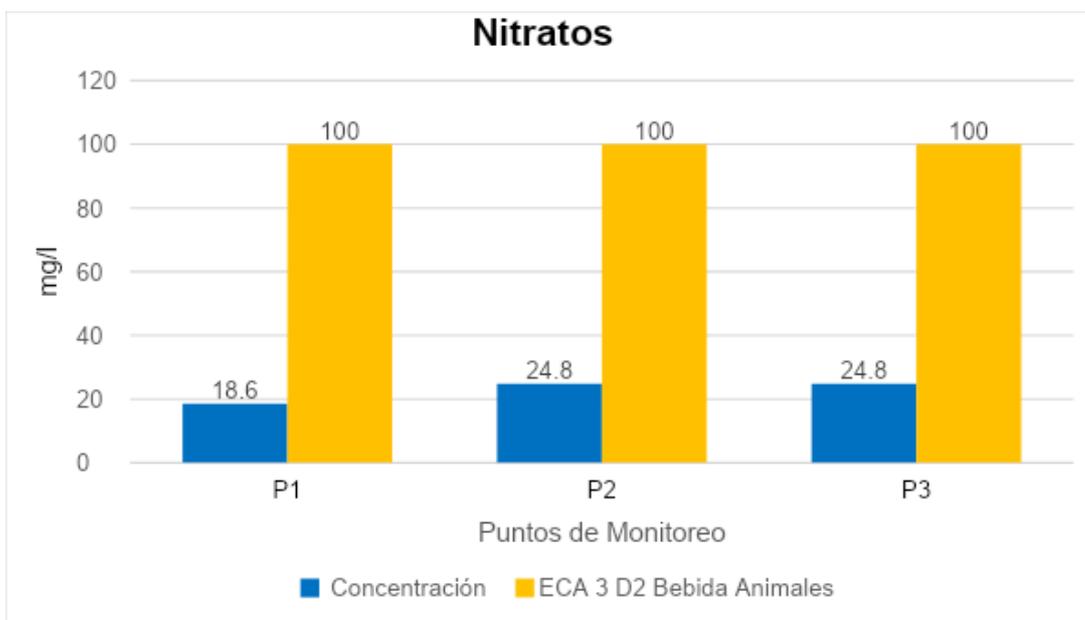
**Figura N° 07:** Concentración de demanda química de oxígeno

En la figura N° 07, se muestra la concentración de demanda química de oxígeno (DQO) en cada punto de muestreo en la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, los resultados obtenidos en tres puntos evaluados en el P-1= 200.00 mg/L, P-2= 220.00 mg/L y P-3= 242.00 mg/L (anexo 05), indican que los valores se encuentran superior al mínimo establecido por la normativa, con respecto a la categoría 3, subcategoría D2 “Bebida de animales” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua del D.S N° 004-2017 – MINAM que tiene de valor de 40 mg/L. El promedio obtenido para dicha zona fue de 220.6 mg/L con una desviación estándar de 21.00794 (ver tabla 12) anexo 02, la concentración alta de DQO es un indicador de presencia de contaminantes en el río tiene relación con DBO y oxígeno disuelto.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Pari (2016), obtuvo valores de DQO que fue de 218 mg/l el más alto y el valor más bajo de 48.38 mg/l, además señala que las continuas precipitaciones registradas durante este mes causó que disminuye la oxidación de la materia orgánica. Martínez (2006), obtuvo los valores más altos en la

temporada seca con un valor máximo de 1539 mg/l y una mínima de 15 mg/l en temporada de lluvia, esto por la reconcentración que tienen las sustancias al disminuir el nivel del agua.

#### g. Nitratos



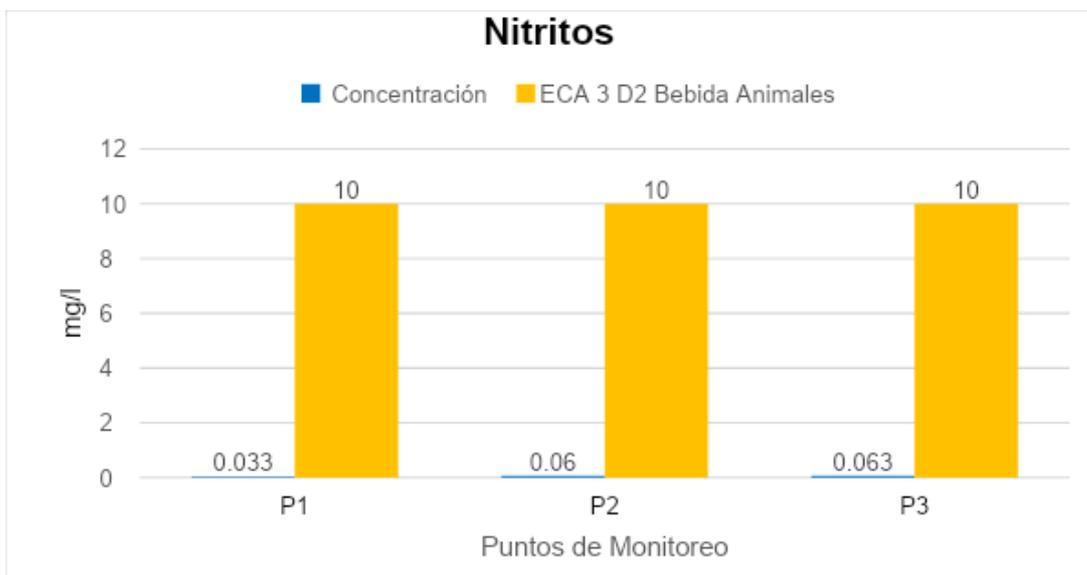
**Figura N° 08:** Concentración de nitratos

En la figura N° 08, se observa los resultados de nitratos presentes en los puntos de muestreo en la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, P-1= 18.60 mg/L, P-2= 24.80 mg/L y P-3= 24.80 mg/L (anexo 05), lo que indica que los valores se encuentran dentro de lo establecido en la categoría 3, subcategoría D2 “Bebida de animales” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, que tiene un valor (100 mg/L). El promedio obtenido para dicha zona fue de 22.7 mg/L con una desviación estándar de 3.57957 (ver tabla 13) anexo 02, la concentraciones se debe al arrastre de sedimentos al río.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Teves (2016), obtuvo concentraciones de nitratos el valor máximo de 2.2 mg/l y el valor mínimo de 1.3 mg/l, además señala que la razón de esta diferencia es la concentración de nitrato que atribuye a la presencia de residuos sólidos encontrados en la zona y materia orgánica proveniente

de las aguas residuales domésticas, otra fuente posible de nitratos sea la escorrentía de aguas de riego, las cuales pueden arrastrar compuestos nitrogenados presentes en los abonos. Martínez (2006), obtuvo valores de nitratos con valor máximo fue de 3.7 mg/l y un valor mínimo de 0.3 mg/l, además señala el agua de escorrentía es una fuente importante de nitratos al depositar en el canal nitratos que provienen de la disolución de rocas y minerales, por otro lado también provienen del lixiviado de tierras de cultivo en los cuales se utilizan abonos que los contienen.

**h. Nitritos**



**Figura N° 09:** Concentración de nitritos

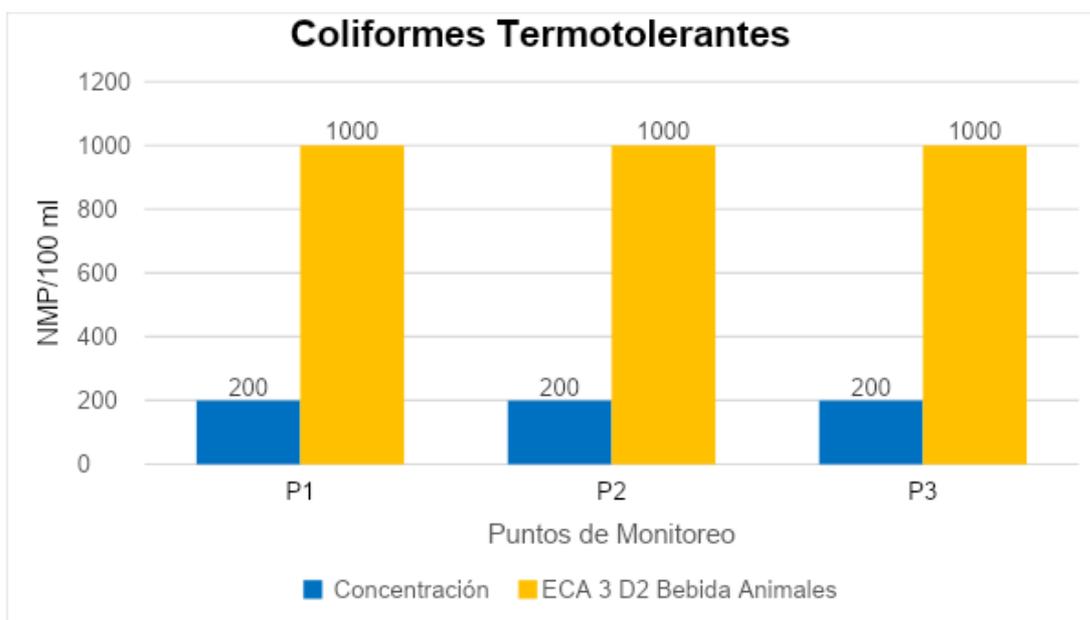
En la figura N° 09, los resultados obtenidos en los puntos de muestreo para el nitrito en la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, en los tres puntos de muestreo presenta: P-1= 0.033 mg/L, P-2= 0.060 mg/L y P-3= 0.63 mg/L (anexo 05), los valores se encuentran dentro de establecido en la categoría 3, subcategoría D2 “Bebida de animales” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, tiene un valor (10 mg/L). El promedio obtenido es de 0.052 mg/L y la desviación estándar 0.01652 (ver tabla 14) anexo 02.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Gil (2014), obtuvo un valor máximo de 0.088 mg/l en periodo de lluvias y encontró valores bajos en periodo de

sequía, señala que está influenciada por la ganadería intensiva rudimentaria y los cultivos agrícolas actividad que en época de lluvias genera un mayor arrastre de materia orgánica rica en nitrógeno. Martínez (2006), obtuvo un valor máximo de 0.075 mg/l y un valor mínimo de 0.002mg/l, menciona que los valores más altos se encontraron en regiones habitadas donde hay presencia de vertidos de origen doméstico son la principal fuente para la obtención de valores altos.

## 4.2. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

### a. Coliformes Termotolerantes



**Figura N° 10:** Concentración de Coliformes Termotolerantes

En la figura N° 10, el gráfico muestra los resultados obtenidos de los coliformes termotolerantes en la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo: P-1= 200 NMP/100 ml, P-2= 200 NMP/100 ml y P-3= 200 NMP/100 ml (anexo 05), los valores obtenidos se encuentran dentro de lo establecido en la categoría 3, subcategoría D2 “Bebida de animales” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, tiene un valor (1000 NMP/100 ml). El promedio obtenido para dicha zona fue de 200 NMP/100 ml y con una desviación estándar de + 0 (ver tabla 15) anexo

02, Se considera el vertimiento de aguas residuales como fuente de contaminación de las aguas del río Zapatilla y el pastoreo intensiva en las riberas del río Zapatilla.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Pari (2016), obtuvo valores de coliformes fecales o Termotolerantes fue de 3200 NMP/100 ml el valor más alto y el valor más bajo fue de 0 NMP/10 ml, además menciona que los vertimientos de las aguas de las lagunas de oxidación como principal fuente de contaminación, afectando la salud de los animales por bioacumulación ya que es la única fuente de consumo de agua de los animales que son pastados en las riberas del río. Javier (2003), obtuvo valores de coliformes fecales o Termotolerantes el máximo de 7860 UFC/100 ml y el mínimo de 0 UFC/100 ml, menciona que durante la época seca se aprecian concentraciones significativas de coliformes y esto asociadas probablemente al pastoreo de ganado cerca de la fuente de agua. Ocasio (2008), obtuvo valores de coliformes Termotolerantes o fecales el máximo es de 5606 mg/l y el mínimo es de 5566 mg/l, además señala que la presencia de concentraciones de materia fecales es por la contaminación que provienen de aguas arriba desde su nacimiento las poblaciones descargan sus heces fecales en pozos sépticos que por medio de las escorrentías son transportadas al río.

**4.3. CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA**

**4.3.1 Estándares de Calidad Ambiental – ECA**

**Tabla 06:** Cumplimiento de los ECA - Categoría 3 Subcategoría D2: Bebida de animales.

| Parámetro   | Unidad de Medida | Mes – Abril |       |       | Promedio | ECA                         |               |
|-------------|------------------|-------------|-------|-------|----------|-----------------------------|---------------|
|             |                  | Muestreo    |       |       |          | Categoría 3 Subcategoría D2 | Observación   |
|             |                  | P1          | P2    | P3    |          |                             |               |
| Temperatura | °C               | 13.44       | 14.54 | 13.15 | 13.71    | Δ 3                         | Cumple el ECA |

|                               |                  |       |      |       |        |           |                  |
|-------------------------------|------------------|-------|------|-------|--------|-----------|------------------|
| Potencial de Hidrógeno        | pH               | 6.99  | 7.32 | 7.35  | 7.22   | 6,5 – 8,4 | Cumple el ECA    |
| Conductividad                 | $\mu\text{S/cm}$ | 544   | 864  | 718   | 708.7  | 5000      | Cumple el ECA    |
| Oxígeno Disuelto              | mg/l             | 0.01  | 0.01 | 0.01  | 0.01   | $\geq 5$  | No cumple el ECA |
| Demanda bioquímica de oxígeno | mg/l             | 100   | 140  | 180   | 140    | 15        | No cumple el ECA |
| Demanda química de oxígeno    | mg/l             | 200   | 220  | 242   | 220.73 | 40        | No cumple el ECA |
| Nitratos                      | mg/l             | 18.6  | 24.8 | 24.8  | 22.73  | 100       | Cumple el ECA    |
| Nitritos                      | mg/l             | 0.033 | 0.06 | 0.063 | 0.052  | 10        | Cumple el ECA    |
| Coliformes Termotolerantes    | NMP/100 ml       | 200   | 200  | 200   | 200    | 1000      | Cumple el ECA    |

#### 4.4. ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS

Para el análisis de la hipótesis se determinó la prueba estadística *t* de Student se ha previsto las siguientes medidas:

Nivel de confianza al 95%

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Con respecto a la **hipótesis general**:

HO: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, no son muy apropiadas de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3 para bebida de animales, de la provincia de El Collao Ilave 2020.

H1: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, son apropiadas de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3 para bebida de animales, de la provincia de El Collao llave 2020. Los resultados obtenidos en el presente estudio de investigación se demuestra que gran parte de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados se encuentran dentro de lo esta establecido en los estándares de calidad ambiental para agua, categoría 3 sub categoría D2 “Bebida de animales”, a excepción de los parámetros oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) en los tres puntos de muestreo presenta niveles de concentración por encima de las ECA para agua, el nivel de significancia de los parámetros es  $> 0.05$  por lo tanto se acepta la hipótesis.

Con respecto a la **hipótesis específica 1:**

HO: La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca no es apta para bebida de animales, según parámetros físico – químicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3.

H1: La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca es apta para bebida de animales, según parámetros físico – químicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3.

Los resultados obtenidos para los parámetros físico - químicos muestran: Temperatura (13.71 °C) significancia 0.01, Potencial de Hidrógeno (7.22) significancia 0.00, Conductividad (708.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) significancia 0.17, Nitratos (22.73 mg/l) significancia 0.09, Nitritos (0.052 mg/l) significancia 0.00, estos parámetros están dentro en lo establecido en D.S. 004-2017 MINAM y los parámetros: Oxígeno Disuelto (0.01 mg/l) significancia 0.00, Demanda bioquímica de oxígeno (140 mg/l) significancia 0.27, Demanda química de oxígeno (220.73 mg/l) significancia 0.03 (ver tabla 17) anexo 03, no cumple con los valores establecidos en Estándares de Calidad Ambiental para Agua categoría 3 Sub categoría D2 “Bebida de animales” D.S. 004-2017 MINAM, el nivel de significancia es a  $> 0.05$  por lo tanto se acepta la hipótesis.

Con respecto a la **hipótesis específica 2:**

HO: La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca no es apta para bebida de animales, según parámetros microbiológicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 3.

H1: La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca es apta para bebida de animales, según parámetros microbiológicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 3.

Los resultados obtenidos para los parámetros microbiológicos muestra: Coliformes termotolerantes (200 NMP/100 ml) en los tres puntos de muestreo y la significancia es 0.00 (ver tabla 19) anexo 03, el parámetro microbiológico cumple con el D.S. 004-2017 MINAM Estándares de Calidad Ambiental para Agua categoría 3 subcategoría D2 "Bebida de animales", concluyendo que el nivel de significancia es  $< 0.05$  por lo tanto no se acepta la hipótesis y se toma la hipótesis alternativa.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a la evaluación realizada en la presente investigación se determinó que el agua de cuenca del río Zapatilla según parámetros físico - químicos y microbiológicos presenta una variación en los parámetros químicos, de acuerdo a los ECA – Categoría 3 subcategoría D2 Bebida de animales, los parámetros que sobrepasan fueron: los parámetros de Oxígeno disuelto, DBO y DQO en los tres puntos de muestreo no cumplen con lo establecido y se concluye que las aguas del río Zapatilla no son aptas para bebida de animales.

Los resultados de la evaluación de parámetros físico-químicos de la calidad del agua en la cuenca del río Zapatilla presenta promedios de Temperatura (13.71 °C), Potencial de Hidrógeno (7.22), Conductividad (708.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Nitratos (22.73 mg/l), Nitritos (0.052 mg/l), estos parámetros están dentro de lo establecido en ECA para Agua y Oxígeno Disuelto (0.01 mg/l), Demanda bioquímica de oxígeno (140 mg/l), Demanda química de oxígeno (220.73 mg/l), en puntos de muestreo P1, P2 y P3 están por encima de los valores establecidos en ECA para agua, provocando una disminución de la concentración del oxígeno disuelto. Lo que indica que el río Zapatilla presenta niveles de contaminación por materia orgánica.

En cuanto a la presencia de coliformes Termotolerantes en los tres puntos de muestreo la concentración es de (200 NMP/100 ml) y está dentro de lo establecido en las ECA para agua Categoría 3 D2 Bebida de animales, lo que indica que río Zapatilla no presenta contaminación por aguas residuales domiciliarias, ni tampoco por el pastoreo en las riberas del río.

## RECOMENDACIONES

A la Autoridad Nacional del Agua es una institución que debe realizar monitoreos frecuentes según las temporadas de los parámetros In situ como temperatura, PH, conductividad, oxígeno disuelto con la finalidad de verificar que las concentraciones obtenidas se mantengan dentro de los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua según categorías.

A la Municipalidad Provincial de El Collao – llave en coordinación con la autoridad Nacional del Agua (ANA) deben poner mayor atención en la temporada del procesamiento de tunta y establecer mayor control a los vertimientos del proceso de tunta.

A las universidades de la región o instituciones ligadas a gestión del recurso hídrico realizar un mayor estudio de la calidad del agua en cuenca del río Zapatilla que incluya la evaluación de los parámetros inorgánicos, orgánicos volátiles, plaguicidas, coliformes totales, enterococos, salmonella sp y escherichia coli.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amachi Ortega, A. (2016). *Evaluación de los niveles de contaminación del agua del río llave y sus tributarios*. 178.
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos*. 85.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*, Pub. L. No. R.J. 010-ANA. Ministerio de Agricultura y Riego. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/209>
- Bembibre, C. (2010). *Definición ABC: Definición de Cuenca*. Recuperado 17 de noviembre de 2020, de Definición ABC website: <https://www.definicionabc.com/geografia/cuenca.php>
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de plantas potabilizadoras tipo de tecnología simplificada*. Editorial Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. ISBN: 978-968-817-880-5. México: CONAGUA.
- Congreso de la República. (2005). *Ley General del Ambiente, LEY N° 28611*. Recuperado de <https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf>
- Dalens Campos, J. (2018). *Evaluación de la calidad del agua de la cuenca Llallimayo de la provincia de Melgar, Región de Puno*. Universidad Jose Carlos Mariategui. 126.
- Davila Burga, J. (2011). *Diccionario Geológico*. Ed. INGEMMET. Lima, Perú. 901.
- DIGESA. (2010). *Fichas técnicas del grupo de uso*. Recuperado de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf)
- Gil Gomez, J. A. (2014). *Determinación de la Calidad del Agua Mediante Variables Físico Químicas, y la Comunidad de Macroinvertebrados como Bioindicadores de Calidad del Agua en la Cuenca del Río Garagoa*. Colombia: Universidad De Manizales. 2014, 84.
- Javier Cardona, A. (2003). *Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Angeles, Honduras*. Turrialba,

- Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Recuperado de [http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/3733/Calidad\\_y\\_riesgo\\_de\\_contaminacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/3733/Calidad_y_riesgo_de_contaminacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Marín, R. (2014). *Características físicas, químicas y biológicas de las aguas*. Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A. (EMACSA) C/De los Plateros, 1; 14006-Córdoba. 37.
- Martínez, R. O. (2006). *Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del Canal de Chiquimulilla en la Reserva Natural de Usos Múltiples, Monterrico* Universidad de San Carlos de Guatemala. 146.
- Mayca Zegarra, G.-C. G. (2019). *Calidad de agua del Río Rímac sector Chicla, Provincia de Huarochiri, departamento de Lima*. 204.
- Mejía Clara, M. R. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Supremo N° 004- 2017- MINAM. Estándares de calidad ambiental para el agua*.
- Ocasio Santiago, F. (2008). *Evaluación de la calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del río piedras (tesis para el grado de maestría en ciencias en gerencia ambiental en evaluación y manejo de riesgo ambiental)*. Universidad Metropolitana Puerto Rico. 2008, 140.
- ONU. (1992). *Organización de las Naciones Unidas. Departamento de Economía y Asuntos Sociales: División para el Desarrollo Sostenible. Agenda 21*. Recuperado 17 de noviembre de 2020, de <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter18.htm>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable. Tercera Edición. Volumen III*.
- Pari Condori, J. (2016). *Determinación de la calidad de agua del río llave, zona urbana*

- del distrito de Ilave, Puno—2016. 131.*
- Peñaloza Páez, J. A. (2012). *Desarrollo Local Sostenible. Contaminación y tipos de contaminación.*
- Pinto Paredes, M. (2018). *Calidad de agua superficial en el río Chili-en los sectores Sachaca, Jacobo Hunter, Tiabaya y Uchumayo para uso de riego de vegetales y bebida de animales en la provincia de Arequipa. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. 145.*
- Puerta López, C. Y. (2019). *Determinación de la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga, a través de los ICA - PE.*
- Real Academia Española, R. (2001). *Diccionario de la lengua española (22.a ed.). Madrid, España. Recuperado 10 de junio de 2021, de <https://dle.rae.es/disquisición>*
- Rondón, J. (2012). *La Contaminación Del Agua: Definición de la contaminación del agua. Recuperado 17 de noviembre de 2020, de La Contaminación Del Agua website: <http://johannarondon84.blogspot.com/2012/07/definicion-de-la-contaminacion-del-agua.html>*
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico, Primera Edicion. Bogota, Colombia. Universidad de Medellín.*
- Tamani Aguirre, Y. (2014). *Evaluación de la Calidad de Agua del Río Negro en la Provincia de Padre Abad, Aguaytía. Tingo María – Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva. 2014.*
- Teves Aguirre, B. M. (2016). *Estudio Físicoquímico de la Calidad del Agua del Río Caca, Región Lima. (Tesis para optar grado de Magister en Química). Pontificia Universidad Católica del Perú. 2016, 94.*

**ANEXOS**

Anexo 01: Matriz de consistencia

**CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO ZAPATILLA SECTOR SIMILLACA COMPARADO CON LOS ESTÁNDARES CALIDAD AMBIENTAL PARA BEBIDA DE ANIMALES EN LA PROVINCIA DE EL COLLAO, REGIÓN PUNO – 2020.**

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <p><b>PROBLEMAS</b></p> | <p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, cumplirán los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3 para bebida de animales, de la provincia de El Collao llave 2020?</p> | <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca será apta para bebida de animales, según parámetros físico - químicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 3, de la provincia El Collao llave 2020?</p> <p>¿La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca será apta para bebida de animales, según parámetros microbiológicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 3, de la provincia El Collao llave 2020?</p> |
| <p><b>OBJETIVOS</b></p> | <p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Evaluar la calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca según parámetros fisicoquímicos y microbiológicos comparado con los estándares de calidad ambiental (ECAS), para bebida de animales de la Provincia de El Collao, llave.</p>   | <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>Analizar el agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, para bebida de animales según parámetros físico - químicos.</p> <p>Analizar el agua de la cuenca del río Zapatilla-sector Simillaca, para bebida de animales según parámetros microbiológicos.</p>   |

| HIPÓTESIS           | HIPÓTESIS GENERAL   | HIPÓTESIS ESPECÍFICAS   |
|---------------------|---|---|
|                     | <p>Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, no son muy apropiadas de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3 para bebida de animales, de la provincia de El Collao llave 2020.</p> | <p>La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca no es apta para bebida de animales, según parámetros físico – químicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3.</p> <p>La calidad del agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca no es apta para bebida de animales, según parámetros microbiológicos comparado con los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 3.</p> |
| POBLACIÓN Y MUESTRA | POBLACIÓN   | MUESTRA   |
|                     | <p>Agua de la cuenca del río Zapatilla sector Simillaca, distrito llave y provincia El Collao.</p>  | <p>La muestra está constituida por los puntos de muestreo identificados por GPS que consta de 3 puntos georreferenciados.</p> <p>El punto N° 1: Río Zapatilla puente Simillaca (aguas arriba)</p> <p>El punto N° 2: Río Zapatilla a 2000 metros del puente Simillaca (aguas abajo)</p> <p>El punto N° 3: Río Zapatilla a 4500 metros del puente Simillaca (aguas abajo)</p>   |

|                                       |  |  |
|---------------------------------------|--|--|
| <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b></p> | <p>El diseño de investigación es el descriptivo simple porque se pretende describir los parámetros físicos – químicos y microbiológicos encontrados en las muestras de las aguas a recolectar.</p> |  |
| <p><b>VARIABLES</b></p>               | <p><b>DIMENSIONES</b></p>  | <p><b>INDICADORES</b></p>  |
| <p>Variable Independiente</p>         | <p>Parámetros físico - químicos</p>  | <p>Temperatura<br/>Conductividad<br/>pH<br/>Oxígeno disuelto<br/>DBO<br/>DQO<br/>Nitritos<br/>Nitratos</p> |
|                                       | <p>Parámetros microbiológicos</p>  | <p>Coliformes termotolerantes</p>  |
| <p>Variable dependiente</p>           | <p>Calidad de agua</p>   | <p>Apta<br/>No Apta</p>  |

**Anexo 02: Resultados de promedio, desviación estándar y varianza.**

**Tabla 07:** Valores de temperatura

| Estadístico descriptivo |   |        |        |       |                  |          |
|-------------------------|---|--------|--------|-------|------------------|----------|
|                         | N | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación | Varianza |
| Temperatura (°C)        | 3 | 13,15  | 14,54  | 13,71 | 0,73328          | 0,538    |

Fuente: análisis en SPSS

**Tabla 08:** Valores de potencial de hidrógeno

| Estadístico descriptivo     |   |        |        |       |                  |          |
|-----------------------------|---|--------|--------|-------|------------------|----------|
|                             | N | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación | Varianza |
| Potencial de Hidrógeno (Ph) | 3 | 6,99   | 7,35   | 7,22  | 0,19975          | 0,040    |

Fuente: Análisis en SPSS

**Tabla 09:** Valores de conductividad

| Estadístico descriptivo |   |        |        |          |                  |           |
|-------------------------|---|--------|--------|----------|------------------|-----------|
|                         | N | Mínimo | Máximo | Media    | Desv. Desviación | Varianza  |
| Conductividad (µS/cm)   | 3 | 544,00 | 864,00 | 708,6667 | 160,20404        | 25665,333 |

Fuente: Análisis en SPSS

**Tabla 10:** Valores de oxígeno disuelto

| Estadístico descriptivo |   |        |        |       |                  |          |
|-------------------------|---|--------|--------|-------|------------------|----------|
|                         | N | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación | Varianza |
| Oxígeno Disuelto (mg/L) | 3 | 0,01   | 0,01   | 0,01  | 0                | 0        |

Fuente: Análisis en SPSS

**Tabla 11:** Valores de demanda bioquímica de oxígeno

| <b>Estadístico descriptivo</b> |          |               |               |              |                         |                 |
|--------------------------------|----------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|-----------------|
|                                | <b>N</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Media</b> | <b>Desv. Desviación</b> | <b>Varianza</b> |
| <b>DBO5 (mg/L)</b>             | <b>3</b> | <b>100</b>    | <b>180</b>    | <b>140</b>   | <b>40</b>               | <b>160</b>      |

*Fuente: Análisis en SPSS*

**Tabla 12:** Valores de demanda química de oxígeno

| <b>Estadístico descriptivo</b> |          |               |               |              |                         |                 |
|--------------------------------|----------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|-----------------|
|                                | <b>N</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Media</b> | <b>Desv. Desviación</b> | <b>Varianza</b> |
| <b>DQO (mg/L)</b>              | <b>3</b> | <b>200</b>    | <b>242</b>    | <b>220,6</b> | <b>21,00794</b>         | <b>441,333</b>  |

*Fuente: Análisis en SPSS*

**Tabla 13:** Valores de nitratos

| <b>Estadístico descriptivo</b> |          |               |               |                |                         |                 |
|--------------------------------|----------|---------------|---------------|----------------|-------------------------|-----------------|
|                                | <b>N</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Media</b>   | <b>Desv. Desviación</b> | <b>Varianza</b> |
| <b>Nitratos (mg/L)</b>         | <b>3</b> | <b>18,6</b>   | <b>24,8</b>   | <b>22,7333</b> | <b>3,57957</b>          | <b>12,813</b>   |

*Fuente: análisis en SPSS*

**Tabla 14:** Valores de nitritos

| <b>Estadístico descriptivo</b> |          |               |               |              |                         |                 |
|--------------------------------|----------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|-----------------|
|                                | <b>N</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Media</b> | <b>Desv. Desviación</b> | <b>Varianza</b> |
| <b>Nitritos (mg/L)</b>         | <b>3</b> | <b>0,03</b>   | <b>0,06</b>   | <b>0,052</b> | <b>0,01652</b>          | <b>0</b>        |

*Fuente: Análisis en SPSS*

**Tabla 15:** Valores de coliformes Termotolerantes

| <b>Estadístico descriptivo</b>                         |          |               |               |              |                             |                 |
|--|----------|---------------|---------------|--------------|-----------------------------|-----------------|
|  | <b>N</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Media</b> | <b>Desv.<br/>Desviación</b> | <b>Varianza</b> |
| <b>Coliformes<br/>Termotolerantes<br/>(NMP/100 ml)</b> | <b>3</b> | <b>200</b>    | <b>200</b>    | <b>200</b>   | <b>0</b>                    | <b>0</b>        |

*Fuente: Análisis en SPSS*

**Anexo 03: Resultados de análisis de nivel de significancia para hipótesis.**

**Tabla 16:** Valores de parámetros fisicoquímicos para una muestra

| Estadísticas para una muestra |   |          |                   |                      |
|-------------------------------|---|----------|-------------------|----------------------|
|                               | N | Media    | Desv. Desviación  | Desv. Error promedio |
| Temperatura (°C)              | 3 | 13,71    | 0,73328           | ,42336               |
| Potencial de Hidrógeno (Ph)   | 3 | 7,22     | 0,19975           | ,11533               |
| Conductividad (µS/cm)         | 3 | 708,6667 | 160,20404         | 92,49384             |
| Oxígeno Disuelto (mg/L)       | 3 | 0,01     | 0,00 <sup>a</sup> | 0,00                 |
| DBO5 (mg/L)                   | 3 | 140      | 40,0              | 23,09401             |
| DQO (mg/L)                    | 3 | 220,6667 | 21,00794          | 12,12894             |
| Nitratos (mg/L)               | 3 | 22,7333  | 3,57957           | 2,06667              |
| Nitritos (mg/L)               | 3 | 0,052    | 0,01652           | 0,00954              |

Fuente: Análisis en SPSS

**Tabla 17:** Valores de la prueba de t student nivel de significancia

| Prueba para una muestra     |                     |    |                   |                      |  |          |
|-----------------------------|---------------------|----|-------------------|----------------------|--|----------|
|                             | Valor de prueba = 1 |    |                   |                      |  |          |
|                             | t                   | gl | Sig. (bilatera l) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |          |
|                             |                     |    |                   |                      | Inferior                                       | Superior |
| Temperatura (°C)            | 30,022              | 2  | 0,01              | 12,71                | 10,8884  | 14,5316  |
| Potencial de Hidrógeno (Ph) | 53,934              | 2  | 0,00              | 6,22                 | 5,7238   | 6,7162   |

|                         |         |   |      |           |          |           |
|-------------------------|---------|---|------|-----------|----------|-----------|
| Conductividad (µS/cm)   | 7,651   | 2 | 0,17 | 707,66667 | 309,6978 | 1105,6356 |
| Oxígeno Disuelto (mg/L) | 0.00    | 2 | 0.00 | 0.01      | 0.00     | 0.00      |
| DBO5 (mg/L)             | 6,019   | 2 | 0,27 | 139,0     | 39,6345  | 238,3655  |
| DQO (mg/L)              | 18,111  | 2 | 0,03 | 219,66667 | 167,4801 | 271,8533  |
| Nitratos (mg/L)         | 10,516  | 2 | 0,09 | 21,73333  | 12,8412  | 30,6255   |
| Nitritos (mg/L)         | -99,377 | 2 | 0,00 | -,948     | -,989    | -,907     |

Fuente: Análisis en SPSS

**Tabla 18:** Valores de parámetros microbiológicos para una muestra

| Estadísticas para una muestra           |   |       |                   |                      |
|---|---|-------|-------------------|----------------------|
|   | N | Media | Desv. Desviación  | Desv. Error promedio |
| Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml) | 3 | 200   | 0,00 <sup>a</sup> | 0,00                 |

Fuente: Análisis en SPSS

**Tabla 19:** Valores de la prueba de t student nivel de significancia

| Prueba para una muestra |                     |    |                  |                      |  |          |
|-------------------------|---------------------|----|------------------|----------------------|--|----------|
|                         | Valor de prueba = 2 |    |                  |                      |  |          |
|                         | t                   | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |          |
|                         |                     |    |                  |                      | Inferior                                       | Superior |
|                         |                     |    |                  |                      |  |          |

|  |             |          |             |            |             |             |
|--|-------------|----------|-------------|------------|-------------|-------------|
| <b>Coliformes<br/>Termotolerantes<br/>(NMP/100 ml)</b> | <b>0.00</b> | <b>2</b> | <b>0,00</b> | <b>200</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> |
|--|-------------|----------|-------------|------------|-------------|-------------|

*Fuente: Análisis en SPSS*

Anexo 04: Fichas de identificación de puntos de monitoreo.



FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

Autoridad Nacional del Agua

Nombre del cuerpo de agua: Cuenca Rio Zapotilla

Clasificación del cuerpo de agua: Categoría 3 "Riego de vegetales y bebida de animales"  
(Categorizado de acuerdo con la R.J. N° 202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: P-1  
(Código Plattsäter)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: PA  
(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción: Rio Zapotilla Puente Simillaca (agua arriba)  
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad: Referencia: A un kilómetro del carretera Checa, caminando a lo minutos hacia izquierda.  
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas pueden encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad: El punto se encuentra en la zona alta  
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo: Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua.  
(Describir la finalidad del punto de monitoreo. Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, ...)

Reconocimiento del Entorno: A la altura del cerro Checa.  
(Indicar referencias topográficas que permitan el fácil reconocimiento del punto en campo.)

UBICACIÓN

Distrito: Ilave Provincia: El Collao Departamento: Puno

Localidad: Sector Simillaca

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas:  Proyección UTM Geográficas

Norte/Latitud: 8211228 Zona:                      (17, 18 o 19; para UTM solamente)

Este/Longitud: 04331012 Altitud: 3346 (metros sobre el nivel del mar)



Elaborado por: Wilben Calizaya Jilaja Fecha: 21/04/2021



FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

Autoridad Nacional del Agua

Nombre del cuerpo de agua: Cuenca Río Zapatilla

Clasificación del cuerpo de agua: Categoría 3 "Riego de vegetales y bebida de Animales"  
(Categorizado de acuerdo con la R.J. N° 202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: P-2  
(Código P/Ats/ater)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: P2

Descripción: Río Zapatilla a 2000 metros del puente Simillaca  
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad: A 2 kilómetros del puente Simillaca, caminando 30 minutos hacia margen izquierdo.  
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad: El punto se encuentra en la zona alta  
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo: Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua.  
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, ...)

Reconocimiento del Entorno: A la altura del censo checa.  
(Indicar referencias topográficas que permitan el fácil reconocimiento del punto en campo.)

UBICACIÓN

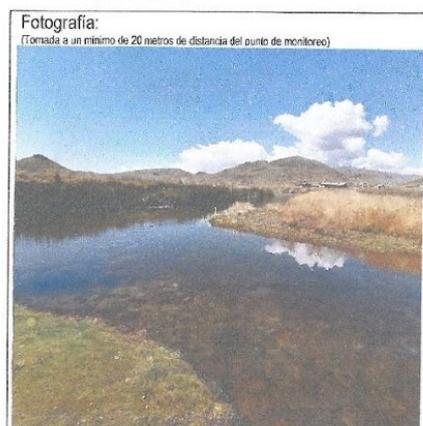
Distrito: Ilave Provincia: El Collao Departamento: Puno

Localidad: SECTOR SIMILLACA

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas:  Proyección UTM  Geográficas

Norte/Latitud: 8211384 Zona:                      (17, 18 o 19, para UTM solamente)

Este/Longitud: 0431762 Altitud: 3850 (metros sobre el nivel del mar)



Elaborado por: Wilben Canzaya Jilaja Fecha: 21/04/2021



FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

Autoridad Nacional del Agua

Nombre del cuerpo de agua: Cuenca Río Zapatilla

Clasificación del cuerpo de agua: Categoría 3 "Riesgo de vegetales y Bebida de Animales"  
(Categorizado de acuerdo con la R.J. N° 202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: P-3  
(Código Pfaffstätter)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: P3  
(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción: Río Zapatilla a 4500 m. del puente Simillara (aguas abajo)  
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad: A 1.5 kilómetros del puesto de salud Paco Risalaza caminando 20 minutos hacia mangen derecho  
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad: El punto se encuentra en la zona alta  
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo: Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua.  
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, ...)

Reconocimiento del Entorno: A la altura de la carretera del cerro poblado Jaquencachi.  
(Indicar referencias topográficas que permitan el fácil reconocimiento del punto en campo.)

UBICACIÓN

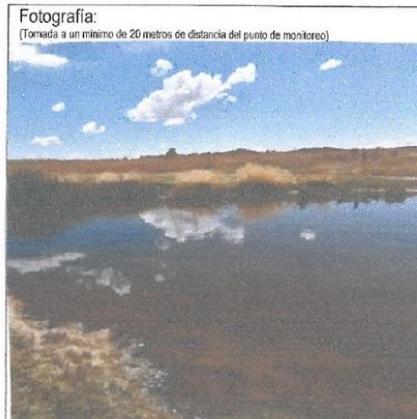
Distrito: Ilave Provincia: El Collao Departamento: Puno

Localidad: SECTOR Simillara

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas:  Proyección UTM  Geográficas

Norte/Latitud: 8211945 Zona:  (17, 18 o 19; para UTM solamente)

Este/Longitud: 0432099 Altitud: 3845 (metros sobre el nivel del mar)



Elaborado por: Wilber caruzaya silaza Fecha: 21/04/2021

Anexo 05: Resultados de registro de datos en campo e informe de resultados del laboratorio.



Registro: No. 001  
 Red de Salud: Chuschi  
 Distrito: RURAL

FORMALTO Nº1  
 MONITOREO DE AGUA

ALIC 2021  
 MES: ABRIL

| Nº | Código Urogen de Censo Poblac | Censo Poblac | EQUIPO                                | Direccion Comunal               | TOMAS MUESTRA |        |         | OBSERVACION | Ubicacion de punto de muestreo | Fecha de muestreo | Hora de muestreo | FISICO QUIMICO |                           |                   |                                 | MUESTRA REPORTADA A LABORATORIO |                                      | RESULTADOS                    |                   |          |         |
|----|-------------------------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------|--------|---------|-------------|--------------------------------|-------------------|------------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------|----------|---------|
|    |                               |              |                                       |                                 | Este          | Norte  | Altitud |             |                                |                   |                  | pH             | Conducibilidad (µmhos/cm) | Temperatura (T°C) | Sólidos totales disueltos (TDO) | Oxígeno disueltos (mg/l)        | Fecha de recepción en el laboratorio | Hora de ingreso a laboratorio | Tipo de parámetro | C. Peces | E. Coli |
| 1  | CHECCA                        | CHECCA       | HI 8228 MULTIPARAMETER METER WITH GPS | RIO ZAPATILLA PUNTE SMIALLACA   | 0431012       | 821128 | 3848    |             | RIO ZAPATILLA PUNTE 010        | 2104/2021         | 09:50            | 6.89           | 544                       | 15.44             | 273                             | 0.21                            | 12:02                                | 01:45                         | MICROBIOLOGIC O   |          | >200    |
| 2  | CHECCA                        | CHECCA       | HI 8228 MULTIPARAMETER METER WITH GPS | 2000 METROS DE PUENTE SMIALLACA | 0411152       | 821184 | 3850    |             | RIO ZAPATILLA PUNTE 020        | 2104/2021         | 10:25            | 7.32           | 864                       | 14.54             | 439                             | 0.21                            | 12:02                                | 01:45                         | MICROBIOLOGIC O   |          | >200    |
| 3  | CHECCA                        | CHECCA       | HI 8228 MULTIPARAMETER METER WITH GPS | 4500 METROS DE PUENTE SMIALLACA | 042009        | 821145 | 3845    |             | RIO ZAPATILLA PUNTE 030        | 2104/2021         | 11:56            | 7.31           | 718                       | 13.15             | 359                             | 0.21                            | 12:02                                | 01:45                         | MICROBIOLOGIC O   |          | >200    |

Jul. 26 de 2021



*[Signature]*  
 Doctor en Siquiología  
 ESPECIALISTA EN SALUD AMBIENTAL  
 MAESTRO EN SALUD AMBIENTAL



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : Wilber Calizaya Jilaja.  
 INTERESADO : Wilber Calizaya Jilaja.  
 DIRECCION :  
 PROCEDENCIA : Ilave  
 LUGAR : Rio Zapatilla.  
 MUESTRA : Agua.  
 N° MUESTRAS : 03.  
 TIPO DE ANALISIS : Varios.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 26 de Abril del 2021.  
 ECHA DE CERTIFICACIÓN : 03 de Mayo el 2021.  
 MUESTREO : Interesado.

| Clave Laboratorio       | I  | II  | III   |
|-------------------------|--|---|---|
| Clave Usuario           | P3 Rio Zapatilla<br>4500 m Puente<br>Simillaca Agua<br>Abajo | P2 Rio<br>Zapatilla 2000<br>m Puente<br>Simillaca<br>Agua Abajo | P1 Rio<br>Zapatilla<br>Puente<br>Simillaca<br>Agua Arriba |
| DBO <sub>5</sub> mg/Lit | 180.00   | 140.0   | 100.0   |
| DQO mg/Lit              | 242.00   | 220.  | 200.00  |
| Nitratos mg/lit         | 24.80  | 24.80   | 18.60   |
| Nitritos mg/lit         | 0.063  | 0.060   | 0.033   |

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.
- 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- 3.-Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación Físico Químicas y Contaminantes Marinos (Aguas, Sedimentos y Organismos), 2003 148 pág. Programa Calidad Ambiental Marina –CAM.  
 Determinación de pH Potenciometro Calomelano (electrodos de vidrio).  
 Determinación de Conductividad Electrica Conductimetro de tres anillos.  
 Determinación de SDT Electrometrico.  
 Determinación de DBO<sub>5</sub> Oxitop  
 Determinación de DQO método de reflujó con Dicromato

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INGIA  
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILPA - PUNO  
 Ing° JORGE CANTHUA ROJAS  
 Jefe Laboratorio Análisis  
 SALCEDO

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno  
 T: (051) 363 812  
 www.inia.gob.pe  
 www.minagri.gob.pe



BICENTENARIO  
 PERÚ 2021

**Anexo 06: Galería de fotografía de los trabajos realizados durante la investigación.****Figura N° 11:** El punto N° 1 río Zapatilla puente Simillaca (aguas arriba).**Figura N° 12:** Materiales y equipos para análisis físico – químicos de aguas superficiales.



**Figura N° 13:** Georreferenciación del punto 1 en el río Zapatilla puente Simillaca (aguas arriba).



**Figura N° 14:** Medición de los parámetros físico – químicos en el punto 1 del río Zapatilla puente Simillaca (aguas arriba).



**Figura N° 15:** Recolección de muestras del agua del río Zapatilla para análisis en el laboratorio.



**Figura N° 16:** El punto N° 2 río Zapatilla a 2000 metros del puente Simillaca (aguas abajo).



**Figura N° 17:** Medición de los parámetros físico – químicos en el punto 2 del Río Zapatilla a 2000 metros del puente Simillaca.



**Figura N° 18:** Recolección de muestras del agua del río Zapatilla para análisis en el laboratorio.



**Figura N° 19:** El punto N° 3 río Zapatilla a 4500 metros del puente Simillaca (aguas abajo).



**Figura N° 20:** Georreferenciación del punto 3 en el río Zapatilla a 4500 metros del puente Simillaca (aguas abajo).



**Figura N° 21:** Medición de los parámetros físicoquímicos en el punto 3 en el río Zapatilla a 4500 metros del puente Simillaca (aguas abajo).

Anexo 07: estándares de calidad ambiental (ECA) para agua Categoría 3

Subcategoría D2: Bebida de animales.

| Parámetros  | Unidad de medida                 | D2: Bebida de animales |
|---|----------------------------------|------------------------|
|   |                                  | Bebida de animales     |
| <b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>  |                                  |                        |
| Aceites y Grasas  | mg/L                             | 10                     |
| Bicarbonatos  | mg/L                             | **                     |
| Cianuro Wad   | mg/L                             | 0,1                    |
| Cloruros  | mg/L                             | **                     |
| Color (b)   | Color verdadero<br>Escala Pt/ Co | 100 (a)                |
| Conductividad   | ( $\mu$ S/cm)                    | 5000                   |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)                            | mg/L                             | 15                     |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)                                | mg/L                             | 40                     |
| Detergentes (SAAM)  | mg/L                             | 0,5                    |
| Fenoles   | mg/L                             | 0,01                   |
| Fluoruros   | mg/L                             | **                     |
| Nitratos (NO <sub>3</sub> --N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> --N) | mg/L                             | 100                    |
| Nitritos (NO <sub>2</sub> --N)                                  | mg/L                             | 10                     |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo)                                 | mg/L                             | $\geq 5$               |
| Potencial de Hidrógeno (pH)                                     | Unidad de pH                     | 6,5 – 8,4              |
| Sulfatos  | mg/L                             | 1000                   |
| Temperatura   | °C                               | $\Delta 3$             |
| <b>INORGÁNICOS</b>  |                                  |                        |
| Aluminio  | mg/L                             | 5                      |
| Arsénico  | mg/L                             | 0,2                    |
| Bario   | mg/L                             | **                     |

|   |      |       |
|---|------|-------|
| Berilio                                 | mg/L | 0,1   |
| Boro                                    | mg/L | 5     |
| Cadmio                                  | mg/L | 0,05  |
| Cobre                                   | mg/L | 0,5   |
| Cobalto                                 | mg/L | 1     |
| Cromo Total                             | mg/L | 1     |
| Hierro                                  | mg/L | **    |
| Litio                                   | mg/L | 2,5   |
| Magnesio                                | mg/L | 250   |
| Manganeso                               | mg/L | 0,2   |
| Mercurio                                | mg/L | 0,01  |
| Níquel                                  | mg/L | 1     |
| Plomo                                   | mg/L | 0,05  |
| Selenio                                 | mg/L | 0,05  |
| Zinc                                    | mg/L | 24    |
| <b>ORGÁNICO</b>                         |      |       |
| <b>Bifenilos Policlorados</b>           |      |       |
| Bifenilos Policlorados (PCB)            | µg/L | 0,045 |
| <b>PLAGUICIDAS</b>                      |      |       |
| Paratión                                | µg/L | 35    |
| <b>Organoclorados</b>                   |      |       |
| Aldrín                                  | µg/L | 0,7   |
| Clordano                                | µg/L | 7     |
| Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)     | µg/L | 30    |
| Dieldrín                                | µg/L | 0,5   |
| Endosulfán                              | µg/L | 0,01  |
| Endrín                                  | µg/L | 0,2   |
| Heptacloro y Heptacloro Epóxido         | µg/L | 0,03  |
| Lindano                                 | µg/L | 4     |
| <b>Carbamato</b>                        |      |       |
| Aldicarb                                | µg/L | 11    |
| <b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b> |      |       |

|                           |            |      |
|---------------------------|------------|------|
| Coliformes Termotolerante | NMP/100 ml | 1000 |
| Escherichia coli          | NMP/100 ml | **   |
| Huevos de Helminfos       | Huevo/L    | **   |

Fuente: Decreto Supremo N°004-2017-MINAM

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

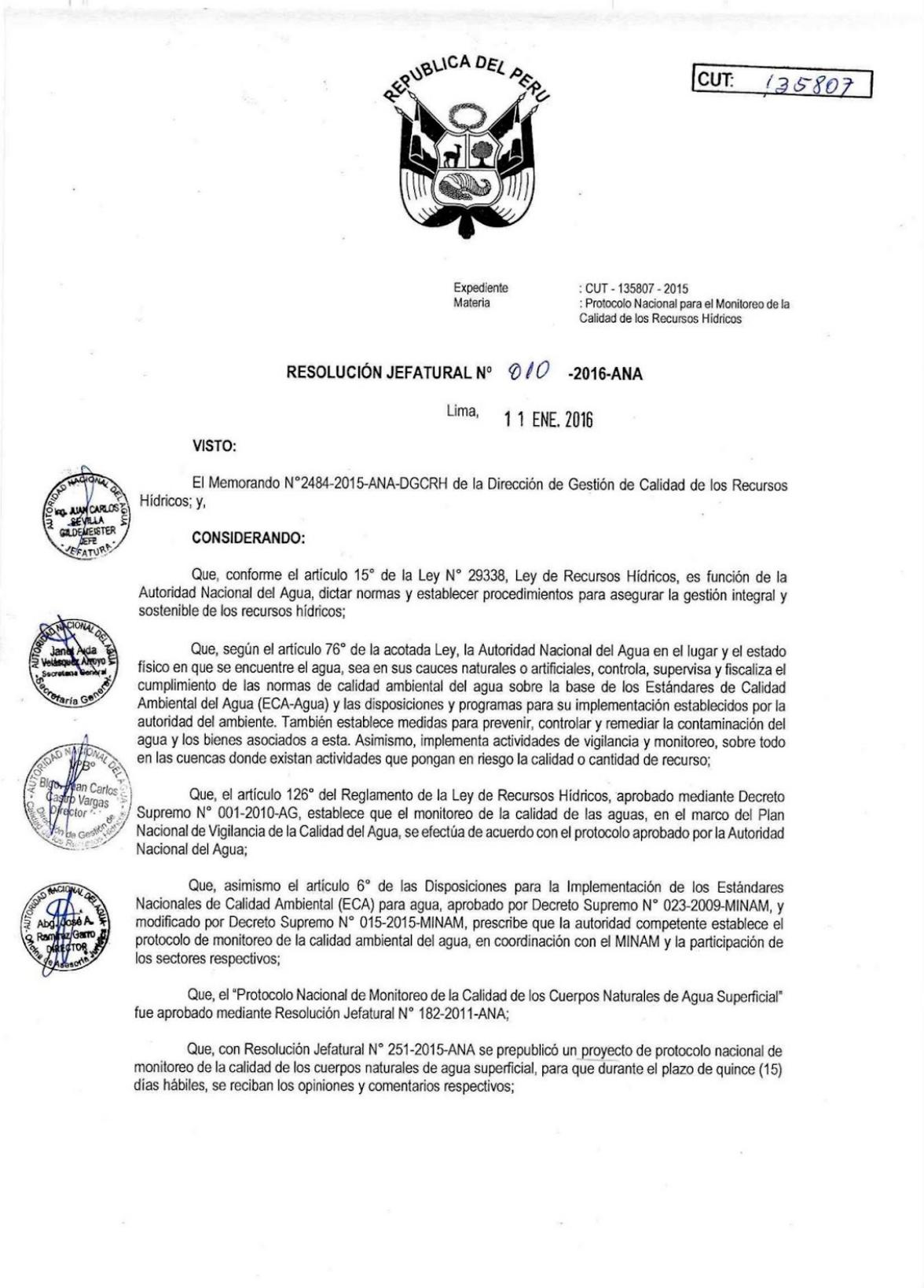
(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

$\Delta$  3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 4:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

**Anexo 08: Protocolo nacional de monitoreo de recursos hídricos resolución jefatural N°010-2016-ANA.**



CUT: 135807

Expediente : CUT - 135807 - 2015  
 Materia : Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos

**RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 010 -2016-ANA**

Lima, 11 ENE. 2016

**VISTO:**

El Memorando N°2484-2015-ANA-DGCRH de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos; y,

**CONSIDERANDO:**

Que, conforme el artículo 15° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, es función de la Autoridad Nacional del Agua, dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos;

Que, según el artículo 76° de la acotada Ley, la Autoridad Nacional del Agua en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por la autoridad del ambiente. También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad de recurso;

Que, el artículo 126° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG, establece que el monitoreo de la calidad de las aguas, en el marco del Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua, se efectúa de acuerdo con el protocolo aprobado por la Autoridad Nacional del Agua;

Que, asimismo el artículo 6° de las Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, y modificado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, prescribe que la autoridad competente establece el protocolo de monitoreo de la calidad ambiental del agua, en coordinación con el MINAM y la participación de los sectores respectivos;

Que, el "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial" fue aprobado mediante Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA;

Que, con Resolución Jefatural N° 251-2015-ANA se prepublicó un proyecto de protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial, para que durante el plazo de quince (15) días hábiles, se reciban los opiniones y comentarios respectivos;



Que, con documento del visto, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos remite el Informe Técnico N° 175-2015-ANA-DGCRH/GECRH-MEPB/KH y la nueva propuesta de Protocolo que propone estandarizar criterios y procedimientos técnicos para evaluar la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino costeros, considerando las normas internacionales en su última actualización y estableciendo mayores precisiones para el monitoreo; propuesta que contempla los aportes, comentarios y sugerencias efectuados por las autoridades ambientales correspondientes;

Que, en tal sentido el citado informe recomienda se apruebe el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, ello en cumplimiento a lo previsto en el artículo 6° de las Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobadas por el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, modificado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM;

Que, por lo expuesto resulta necesario dictar el acto administrativo que apruebe el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, y deje sin efecto la Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA; y

Con el visto de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica y de la Secretaría General, y en uso de las facultades conferidas en el artículo 11° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG;



**SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.- Aprobación**

Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales", que forma parte integrante de la presente resolución.

**Artículo 2°.- Publicación**

Disponer la publicación de la presente resolución y del Protocolo aprobado mediante el artículo precedente en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua: [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe).

**Artículo 3°.- Derogatoria**

Dejar sin efecto la Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA.

Regístrese, comuníquese y publíquese,



**JUAN CARLOS SEVILLA GILDEMEISTER**  
 Jefe  
 Autoridad Nacional del Agua



Autoridad Nacional del Agua

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año de la consolidación del Mar de Grau"

---

## PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES



Lima, enero de 2016

---



**1. INTRODUCCIÓN**

La creciente presión sobre los cuerpos naturales de agua originada por las actividades antropogénicas (poblacionales y productivas) puede afectar la calidad de los recursos hídricos, impactando en los ecosistemas acuáticos y comprometiendo la disponibilidad del recurso hídrico, dado que el uso de aguas contaminadas constituye un riesgo para la salud de las personas y para la calidad de los productos agropecuarios, agroindustriales e hidrobiológicos.

Por tal motivo, se hace necesaria la ejecución de acciones de vigilancia y fiscalización de la calidad de los recursos hídricos que permitan evaluar su calidad para planificar e implementar acciones de prevención, mitigación y control de los impactos negativos.

El monitoreo orientado a la evaluación de la calidad de los recursos hídricos conlleva a un diagnóstico de su estado a través de la evaluación de indicadores químico-físicos de la calidad del agua, obtenidos a través de mediciones y observaciones sistemáticas de las variables de las aguas continentales y marino-costeras. Estas mediciones se desarrollan a través de una metodología y procedimientos estandarizados que involucran la toma de muestras de agua con criterios establecidos en el Protocolo de monitoreo. La aplicación de los procedimientos estandarizados en todas las fases del monitoreo de la calidad del agua permite minimizar y eliminar errores y garantizar la generación de datos e información consistente y confiable para determinar la línea de base y las proyecciones de medidas de recuperación y control de la calidad del agua, las cuales permitirán a los diferentes niveles de gobierno tomar decisiones de forma informada y desarrollar los planes de gestión de recursos hídricos y otros instrumentos de gestión hídrica.

La planificación de una gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos permite el uso de agua en cumplimiento de las normas ambientales.



En el marco de sus competencias establecidas en el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por D.S. N.° 006-2010-AG y en cumplimiento del artículo 126.° del D.S. N.° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, dirección de línea de la Autoridad Nacional del Agua, elabora el **Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales**.

El presente documento sustituye el *Protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial*, publicado en el año 2011; después de cuatro años de aplicación del protocolo, se ha considerado conveniente actualizar y complementar las metodologías establecidas integrando las mejores prácticas desarrolladas en las actividades de monitoreo de la Autoridad, las normas internacionales en su última actualización y estableciendo mayores precisiones para el monitoreo de las aguas marino-costeras, lagos y lagunas.

**2. OBJETIVO**

Estandarizar los criterios y procedimientos técnicos para evaluar la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino-costeros considerando el diseño de las redes de puntos de monitoreo, la frecuencia, el programa analítico, la medición de parámetros en campo, la recolección, preservación, almacenamiento, transporte de muestras de agua, el aseguramiento de la calidad, la seguridad del desarrollo del monitoreo.



3. BASE LEGAL

- Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos
- Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente
- Decreto Legislativo N.º 1147, Decreto Legislativo que Regula el Fortalecimiento de las Fuerzas Armadas en las Competencias de la Autoridad Marítima Nacional – Dirección General de Capitanías y Guardacostas
- Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA – Clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros, Perú
- Resolución Jefatural N° 489 -2010-ANA; modifica el anexo N.º 1 de la Resolución Jefatural N.º 202-2010-ANA referente a la clasificación de los cuerpos de agua marino-costeros, Perú
- Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA – Aprobación del nuevo Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimientos y Reúso de Aguas Residuales Tratadas, Perú
- Resolución Jefatural N° 139-2014-ANA; aprueba la clasificación del cuerpo de agua marino-costero ubicado frente a los distritos de Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo y Santa María del Mar, provincia y departamento de Lima, Perú
- Resolución Jefatural N° 203-2014-ANA; aprueba la clasificación del cuerpo de agua marino-costero ubicado frente al distrito de Lurín, provincia y departamento de Lima, Perú

Ministerio de Energía y Minas

- Resolución Directoral N.º 004-94-EM/DGAA, *Guía de monitoreo de agua y aire para la actividad minero-metalúrgica*, publicada por el Ministerio de Energía y Minas, Perú

Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales

- Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI, aprueba el Protocolo del Monitoreo de Efluentes Líquidos del sector Industria, Perú

Ministerio de Agricultura

- Decreto Supremo N.º 001-2010-AG, aprueba el Reglamento de la Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos, Perú
- Decreto Supremo N° 006-2010-AG, aprueba el *Reglamento de organización y funciones de la autoridad nacional del agua - ANA*, Perú

Ministerio del Ambiente

- Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM - Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Perú
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM que aprueba los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, Perú
- Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM - Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas, Perú
- Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM – Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, Perú

Ministerio de la Producción

- Resolución Ministerial N° 003-2002-PE, aprueba el Protocolo para el monitoreo de efluentes para la actividad pesquera de consumo humano indirecto y del cuerpo marino receptor, Perú
- Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE - Límites máximos permisibles (LMP) para la industria de harina y aceite de pescado y normas complementarias, Perú





Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

- Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA, aprueba el Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales – PTAR, Perú

**4. ALCANCE Y APLICACIÓN DEL PROTOCOLO**

El presente *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales* es de uso obligatorio a nivel nacional para el monitoreo de la calidad ambiental del agua de los cuerpos de agua tanto continentales (ríos, quebradas, lagos, lagunas, entre otras) como marino-costeros (bahías, playas, estuarios, manglares, entre otros) en cumplimiento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N.° 29338, su Reglamento y demás normas de calidad del agua.

El Protocolo tiene las siguientes aplicaciones:

1. El capítulo 5: "Monitoreo de la calidad del cuerpo receptor de vertimientos autorizados" establece los criterios para el monitoreo de la calidad del cuerpo receptor sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua a aplicarse por los titulares de autorizaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas a cuerpos naturales de agua.
2. El Capítulo 6: "Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales" establece los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en las actividades de monitoreo de la calidad del agua realizadas tanto por la Autoridad Nacional del Agua como por otras entidades.

**5. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL CUERPO RECEPTOR DE VERTIMIENTOS AUTORIZADOS**



Este capítulo establece los criterios de cumplimiento obligatorio para el monitoreo de la calidad del cuerpo receptor de vertimientos autorizados, el diseño del programa de monitoreo en el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA), la verificación de su cumplimiento y el monitoreo del impacto del vertimiento autorizado de agua residual tratada en el cuerpo receptor.

Asimismo, los criterios establecidos serán aplicables, en lo que corresponde, a la evaluación del impacto ambiental de vertimientos de aguas residuales realizados sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua.

**5.1. Ubicación de los puntos de control de la calidad del cuerpo receptor de un vertimiento de aguas residuales**

En la elaboración y evaluación de los Instrumentos de Gestión Ambiental, se tomarán en cuenta los siguientes criterios para la ubicación de los puntos de control en cuerpos de agua lóticos (ríos o similares) (capítulo 5.1.1), lénticos (lagos y similares) (capítulo 5.1.2) y marino-costeros (capítulo 5.1.3).

Los puntos de control establecidos en la autorización de vertimiento deben ser concordantes con lo señalado en el instrumento de gestión ambiental según las exigencias de las diferentes entidades de fiscalización ambiental (sector ambiental competente, Digesa, ANA, etc.) para evitar sobrecostos por duplicidad de monitoreos.



**5.1.1. En cuerpo de agua lóxico**

Los puntos de control en el cuerpo receptor lóxico se ubican fuera de la zona de mezcla<sup>1</sup>: un punto aguas arriba a una distancia de 50 metros del vertimiento y un punto de aguas abajo a una distancia de 200 metros en la misma orilla donde se realiza el vertimiento.

La distancia de 50 m del punto de control aguas arriba del vertimiento corresponde a una distancia referencial; la ubicación exacta dependerá de las condiciones naturales del cauce del río o quebrada en lo referente a su forma, turbulencias y obstáculos para el respectivo muestreo, por lo que no necesariamente sería la distancia de 50 m; por ejemplo, pueden ser 20 o 30 m aguas arriba del vertimiento. Asimismo, cuando exista un cuerpo natural de agua que tribute al cuerpo receptor, otros usos de agua u otros vertimientos de aguas residuales aguas arriba del vertimiento a distancias menores de 50 metros, el punto de control será ubicado aguas abajo de estos.

Sin embargo, para los siguientes casos los puntos de control serán ubicados a distancias mayores:

- Cuando el Instrumento de Gestión Ambiental compruebe mediante la metodología simplificada publicada por la USEPA<sup>2</sup> y otra metodología debidamente sustentada que la extensión de la zona de mezcla es mayor a 200 metros, el punto de control aguas abajo será ubicado en el límite de la zona de mezcla calculada.
- Cuando los puntos determinados según los criterios anteriores no son representativos<sup>3</sup> o accesibles en condiciones seguras, los puntos de control aguas arriba y/o aguas abajo serán ubicados en los sitios representativos<sup>4</sup> de acceso seguro más cercanos a aquellos. Para el caso de los puntos de control aguas abajo, serán ubicados preferentemente fuera de la zona de mezcla.
- Cuando el mismo proyecto realice varios vertimientos al mismo cuerpo receptor, se podrán establecer dos puntos de control aguas arriba y aguas debajo de los vertimientos en el límite del área de influencia directa solamente, los cuales constituyen los puntos de control de todos los



<sup>1</sup> Véase el Decreto Supremo N.º 023-2009-MINAM, artículo 5.º. Implementación del ECA para Agua y la Zona de Mezcla: "En aquellos cuerpos de agua utilizados para recibir vertimientos de efluentes, la Autoridad Nacional del Agua deberá verificar el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, considerando como referente la categoría asignada para el cuerpo de agua".

<sup>2</sup> Metodología simplificada de la USEPA (1995):

$$L_{zdm} = \frac{w^2 u}{f \pi c d \sqrt{(g d s)}}$$

- $L_{zdm}$  es la extensión de la zona de mezcla aguas abajo del vertimiento (m).
- $W$  es el ancho promedio del cuerpo de agua (m).
- $u$  es la velocidad de flujo promedio del río en la ubicación del vertimiento (m/s).
- $f$  es un factor que considera la ubicación del vertimiento:  $f = 2$  para un vertimiento en la orilla;  $f = 8$  para un vertimiento en el centro del río/quebrada.
- $c$  es el factor de irregularidad del cauce observada en campo:
  - $c = 0,1$  para ríos rectos con cauce rectangular
  - $c = 0,3$  para ríos canalizados
  - $c = 0,6$  para cauces naturales con serpenteo moderado
  - $c = 1,0$  para cauces naturales con serpenteo significativo
  - $c = 1,3$  para ríos con cambios de dirección bruscos de 90° o mayor
- $d$  es la profundidad media del río aguas abajo del vertimiento (m).
- $g$  es la aceleración por gravedad = 9,80665 m/s<sup>2</sup>
- $s$  es la pendiente del cauce aguas abajo del vertimiento (m/m), determinada con base en el mapa topográfico o medición en campo con GPS.

<sup>3</sup> Evitar zonas de embalse o turbulencia.

<sup>4</sup> Ubicar el punto de monitoreo en el lugar donde el cuerpo natural de agua presente un cauce regular y uniforme.

vertimientos. Esto permitirá la evaluación de todos los impactos potenciales del proyecto en la calidad de los recursos hídricos incluyendo los impactos de los vertimientos de aguas residuales tratadas.

Si aguas abajo del vertimiento existieran usos del agua<sup>5</sup> u otros vertimientos de aguas residuales realizados por terceros, el punto de control en todos los casos deberá ser ubicado aguas arriba de estos.

#### 5.1.2. En cuerpo de agua léntico

Los puntos de control en el cuerpo receptor léntico se ubican fuera de la zona de mezcla. Se considerarán por lo menos cuatro (04) puntos de control en las diferentes direcciones alrededor y a una distancia de 200 metros del dispositivo de descarga.

Sin embargo, los puntos de control serán establecidos en distancias mayores cuando el Instrumento de Gestión Ambiental compruebe mediante modelo numérico<sup>6</sup> u otra metodología debidamente sustentada que la extensión de la zona de mezcla es mayor que 200 metros. Asimismo, cuando los puntos determinados según los criterios anteriores no son accesibles en condiciones seguras, serán ubicados en el sitio de acceso seguro más cercano.

En caso de lagos y lagunas donde no existen vertimientos de aguas residuales o usos del agua<sup>5</sup>, se podrán establecer mínimamente dos (02) puntos, preferentemente en la entrada y en la salida de la laguna.

Sin embargo, se puede establecer mínimamente un punto de control si el Instrumento de Gestión Ambiental indica la batimetría en el punto de vertimiento, el caudal de descarga máxima, la temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas residuales tratadas, el perfil de la temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas naturales y el diseño del dispositivo de descarga y determine la extensión de la zona de mezcla mediante un modelo numérico u otra metodología debidamente sustentada<sup>6</sup>. En tal caso, el punto de control será establecido en el límite de la zona de mezcla donde esta alcance su extensión máxima.

Si en la proximidad del vertimiento existieran usos de agua<sup>5</sup> u otros vertimientos autorizados, el punto de control en todo caso debe ser ubicado entre el punto de vertimiento y el uso de otro vertimiento.

Las muestras se toman en las siguientes profundidades:

- En la superficie;
- En caso de puntos con más de 5 metros de profundidad, adicionalmente en el fondo a 50 cm del sustrato;
- En caso de puntos con más de 10 metros de profundidad, adicionalmente a la mitad de la columna de agua.



<sup>5</sup> Usos del agua son tomas de agua para uso poblacional, agrícola, ganadero, industrial, acuícola y otros, zonas de uso primario (preparación de alimentos, consumo directo, aseo personal, uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales), zonas de uso recreativo de contacto primario (actividades como natación, canotaje o similares), zonas de extracción de especies hidrobiológicas para el consumo humano directo y zonas utilizadas para bebida de animales.

<sup>6</sup> Software reconocido por una institución internacional de derecho público. Se recomiendan los modelos de simulación auspiciados por el Centro de Modelamiento para la Evaluación de la Exposición (*Center for Exposure Assessment Modeling* [CEAM]) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA), como el software libre Visual Plumes (USEPA, 2003).

**5.1.3. En cuerpo de agua marino-costero**

Los puntos de control en el cuerpo receptor marino-costero se ubican fuera de la zona de mezcla: por lo menos cuatro (04) puntos de control en las cuatro direcciones alrededor y a una distancia de 200 metros del dispositivo de descarga.

Sin embargo, de contarse con la información sobre la dirección de corriente en la toma de muestra, se podrán establecer mínimamente dos puntos de control ubicados a una distancia fija de 200 metros del dispositivo de descarga y en una dirección variable correspondiente a la corriente marina predominante en el momento de la toma de muestra. Un punto será ubicado en la misma dirección de la corriente, la cual deberá ser determinada previamente a la toma de muestra; mientras que el segundo punto será ubicado en dirección contraria de la corriente.

Sin embargo, los puntos de control serán establecidos a distancias mayores cuando el Instrumento de Gestión Ambiental compruebe mediante modelo numérico<sup>6</sup> u otra metodología debidamente sustentada, que la extensión de la zona de mezcla es mayor a 200 metros. Asimismo, cuando los puntos determinados según los criterios anteriores no son accesibles en condiciones seguras, serán ubicados en el sitio de acceso seguro más cercano.

Si al interior de los 200 metros o de la zona de mezcla determinada, existieran áreas acuáticas donde se desarrollan usos recreativos, acuícolas, tomas de agua para uso poblacional o industrial, artefactos navales, naves, instalaciones acuáticas o embarcaciones en general<sup>7</sup>; el punto de control en todo caso deberá ser ubicado entre el punto de vertimiento y el área acuática de interés o el punto de toma de agua.

Tomando como base la fuente de agua de la actividad generadora de aguas residuales tratadas, las muestras de agua de mar serán tomadas a las siguientes profundidades:

- En la superficie cuando se generan aguas residuales en el uso de agua dulce.
- En la superficie y en el fondo a 50 cm del sustrato, cuando se generan aguas residuales por el uso de agua marina o el uso combinado de agua dulce y marina. Para aquellos casos donde la profundidad en el punto de monitoreo sea mayor a 10 metros, se tomará una muestra adicional a la mitad de la columna de agua.<sup>8</sup>
- En caso de vertimiento de salmueras, se tomarán las muestras en el fondo solamente a 50 cm del sustrato. Sin embargo, cuando las aguas residuales tratadas contengan aceites y grasas y/o hidrocarburos de petróleo, se tomará una muestra adicional en la superficie.

Es importante precisar que para la pertinencia de la toma de muestra en superficie, media agua o en el fondo, se tomará en cuenta lo establecido en el Instrumento de Gestión Ambiental.

En el caso de vertimientos de aguas residuales tratadas mediante emisor submarino que contenga patógenos (aguas residuales municipales, domésticos, agroindustriales u otros), los parámetros microbiológicos serán controlados en el límite de las zonas sensibles a la contaminación microbiológica, tales como las áreas acuáticas usadas para la producción y extracción de moluscos u otras especies hidrobiológicas<sup>9</sup> para actividades recreacionales o tomas de agua poblacional o industrial, y la biota marina de las Áreas Naturales Protegidas o ecosistemas frágiles. Para tal fin,



<sup>7</sup> Incluye todas las áreas acuáticas administradas por la Autoridad Marítima Nacional de acuerdo con el artículo 1.m° del Decreto Legislativo N.° 1147.  
<sup>8</sup> De conformidad con lo establecido en la Resolución Ministerial N.° 003-2002-PE.  
<sup>9</sup> Áreas habilitadas por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Ministerio de Defensa para desarrollar actividades de acuicultura y áreas donde el Ministerio de la Producción ha otorgado un derecho de uso acuícola.



los puntos de control de los parámetros microbiológicos serán establecidos en el límite de las zonas sensibles<sup>10</sup> potencialmente afectadas por el vertimiento de aguas residuales de acuerdo con la evaluación técnica-ambiental realizada en el Instrumento de Gestión Ambiental. En estos puntos, las muestras de agua serán tomadas en la superficie.

El presente Protocolo no es aplicable para los vertimientos de aguas residuales provenientes de plataformas de perforación.

**5.1.4. Identificación de los puntos de monitoreo y/o control en el cuerpo receptor**

El punto de control debe ser identificado de manera que permita su ubicación exacta antes de la toma de la muestra. En la determinación de la ubicación se utilizará el Sistema de Posicionamiento Global (GPS); las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en el sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.

Asimismo, deberán registrarse puntos de referencia en la proximidad del punto de monitoreo, tales como puentes, kilometraje vial, localidad u otro elemento que permitan su ubicación rápida en campo. En el caso de los puntos de monitoreo y/o control en cuerpos de agua lénticos o marino-costeros, será útil indicar por lo menos dos puntos de referencia de la costa que permitan la localización del punto en campo, así como señalar el punto con una boya u otra señal<sup>11</sup> que permita su identificación por otras personas.

**5.2. Frecuencia de monitoreo de la calidad del cuerpo receptor de un vertimiento de aguas residuales tratadas**

El monitoreo de la calidad del cuerpo receptor y del agua residual tratada es realizado en las mismas fechas y la frecuencia del monitoreo de la calidad del cuerpo receptor será igual a la frecuencia establecida por las normas ambientales sectoriales vigentes para el control de la calidad de las aguas residuales tratadas. (Véase el anexo VI).

En el caso de los vertimientos no considerados en la norma ambiental sectorial se considerará la frecuencia establecida en dicha norma solo para establecer la fecha y la frecuencia del monitoreo de la calidad del cuerpo receptor.

**5.3. Parámetros de control en función de la actividad generadora de las aguas residuales**

**Cuadro 1.** Programa analítico para el control de la calidad del agua natural de un cuerpo receptor en función de la actividad generadora de las aguas residuales y de la categoría ECA-Agua del cuerpo receptor.

| Actividad generadora  | Categoría 1   | Categoría 2                                 | Categoría 3                                 | Categoría 4 Ríos, lagunas y lagos                                       | Categoría 4 Ecosistemas marino-costeros     |
|-----------------------|---|---|---|---|---|
| Doméstica y municipal | pH, T, AyG, C. term., DBO <sub>5</sub> , DQO, P(L)<br>Adicionalmente para aguas residuales cloradas, se medirán | pH, T, AyG, C.term., DBO <sub>5</sub> , SST | pH, T, AyG, C.term., DBO <sub>5</sub> , DQO | pH, T, AyG, C.term., DBO <sub>5</sub> , SST, P(L), N <sub>tot</sub> (L) | pH, T, AyG, C.term., DBO <sub>5</sub> , SST |

<sup>10</sup> En el caso de áreas acuáticas usadas para actividades recreativas (playas), los puntos de control de los parámetros microbiológicos serán ubicados fuera de la zona de rompiente de olas para garantizar la toma de muestra en condiciones seguras. Por lo tanto, su distancia de la orilla puede variar según las condiciones oceanográficas el día de la toma de muestra.

<sup>11</sup> Se recomienda utilizar materiales reciclados como botellas o bidones de plástico para evitar pérdidas por robo.





Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

| Actividad generadora  | Categoría 1   | Categoría 2   | Categoría 3  | Categoría 4 Ríos, lagunas y lagos  | Categoría 4 Ecosistemas marino-costeros  |
|---|---|---|--|--|--|
|   | trihalometanos; salvo se sustente su exclusión en el IGA  |   |  |  |  |
| Minera y metalúrgica  | pH, AyG, CN <sub>tot</sub> , As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn   | pH, AyG, SST, CN <sub>WAD</sub> , As, Cd, Cr <sup>6+</sup> , Cu, Pb, Hg, Zn | pH, AyG, CN <sub>WAD</sub> , As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn  | pH, AyG, SST, CN <sub>tot</sub> , As, Cd, Cr <sup>6+</sup> , Cu, Pb, Hg, Zn  | pH, AyG, SST, CN <sub>tot</sub> , As, Cd, Cr <sup>6+</sup> , Cu, Pb, Hg, Zn  |
| Extracción y procesamiento de hidrocarburos                 | pH, T, AyG, HTP, cloruros, N-NH <sub>3</sub> , P, As, Ba, Cd, Cr, Hg, Pb, fenoles(R), Benzo(a)pireno(R)   | pH, T, AyG, HTP-FA, P, As, Cd, Cr <sup>6+</sup> , Hg, Pb, S(R)              | pH, T, AyG, cloruros, As, Ba, Cd, Cr, Hg, Pb, fenoles(R) | pH, T, AyG, HTP, N-NH <sub>3</sub> , P, As, Ba, Cd, Cr <sup>6+</sup> , Hg, Pb, fenoles(R), S(R), Benzo(a)pireno(R) | pH, T, AyG, HTP, N-NH <sub>3</sub> , P, As, Ba, Cd, Cr <sup>6+</sup> , Hg, Pb, fenoles(R), S(R), Benzo(a)pireno(R) |
| Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica | pH, T, AyG  | pH, T, AyG, SST   | pH, T, AyG   | pH, T, AyG, SST  | pH, T, AyG, SST  |
| Procesamiento industrial de pescados y mariscos             | pH, AyG, DBO <sub>5</sub> , P(L)  | pH, AyG, SST, DBO <sub>5</sub>  | pH, AyG, DBO <sub>5</sub>                                | pH, AyG, SST, DBO <sub>5</sub> , P(L), N <sub>tot</sub> (L)  | pH, AyG, SST, DBO <sub>5</sub>   |
| Procesamiento de productos agrícolas y pecuarios            | pH, AyG, DBO <sub>5</sub> , P(L)  | pH, AyG, SST, DBO <sub>5</sub>  | pH, AyG, DBO <sub>5</sub>                                | pH, AyG, SST, DBO <sub>5</sub> , P(L), N <sub>tot</sub> (L)  | pH, AyG, SST, DBO <sub>5</sub>   |
| Producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas          | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , DQO, P(L)  | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , SST  | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , DQO                       | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , SST, P(L), N <sub>tot</sub> (L)   | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , SST   |
| Ganadería intensiva e instalaciones de sacrificio           | pH, T, AyG, C.term., DBO <sub>5</sub> , DQO, P(L)   | pH, T, AyG, C.term., DBO <sub>5</sub> , SST                                 | pH, T, AyG, C.term., DBO <sub>5</sub> , DQO              | pH, T, AyG, C.term., DBO <sub>5</sub> , SST, P(L), N <sub>tot</sub> (L)  | pH, T, AyG, C.term., DBO <sub>5</sub> , SST  |
| Producción de celulosa y papel                              | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , DQO, P(L)  | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , SST  | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , DQO                       | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , SST, P(L), N <sub>tot</sub> (L)   | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , SST   |
| Curtiembre  | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , DQO, P(L), N-NH <sub>3</sub> , Cr  | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , SST, S, Cr <sup>6+</sup>                     | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , DQO, Cr                   | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , SST, P(L), N-NH <sub>3</sub> , S, Cr <sup>6+</sup>                                  | pH, T, AyG, DBO <sub>5</sub> , SST, N-NH <sub>3</sub> , S, Cr <sup>6+</sup>  |
| Cementera   | pH, T   | pH, T, SST  | pH, T  | pH, T, SST   | pH, T, SST   |
| Otras actividades no indicadas en lo anterior               | Los parámetros considerados en los ECA-Agua en la categoría perteneciente e indicados para la actividad industrial correspondiente en las <i>Guías sobre Medio Ambiente, Salud y Seguridad</i> ( <a href="http://www.ifa.org/ehsguidelines">www.ifa.org/ehsguidelines</a> ) publicadas por Corporación Financiera Internacional (IFC) del Grupo del Banco Mundial u otros documentos referenciales publicados por instituciones de Derecho Internacional Público. |   |  |  |  |



Elaboración propia

**Dónde:** (As) arsénico, (AyG) aceites y grasas, (Ba) bario, (DBO<sub>5</sub>) demanda bioquímica de oxígeno en cinco días, (DQO) demanda química de oxígeno, (Cd) cadmio, (CN<sub>tot</sub>) cianuro total, (CN<sub>WAD</sub>) cianuro WAD, (Cr) cromo total, (Cr<sup>6+</sup>) cromo hexavalente, (C. term.) coliformes termotolerantes, (Cu) cobre, (Hg) mercurio, (HTP) hidrocarburos totales de petróleo, (HTP-FA) hidrocarburos totales de petróleo - fracción aromática, (L) parámetro requerido solamente en caso que el cuerpo receptor sea un cuerpo de agua léntico o tributa a un cuerpo de agua léntico, (N-NH<sub>3</sub>) amoníaco, (N-NO<sub>3</sub>) nitrógeno en nitratos, (N<sub>tot</sub>) nitrógeno total, (P) fósforo total, (Pb)



Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

plomo, (R) parámetro requerido solamente en caso de refinерías FCC, (S) sulfuros, (SST) sólidos suspendidos totales, (T) temperatura en grados Celsius, (Zn) zinc, e (IGA) Instrumento de Gestión Ambiental.

En caso de aprobarse, posteriormente a la publicación del presente Protocolo, los **límites máximos permisibles** para parámetros no considerados en la cuadro precedente o para actividades no contempladas, el programa de monitoreo deberá adecuarse según las disposiciones y los plazos establecidos por la autoridad ambiental competente. En tal caso, se incorporarán dichos parámetros también en el programa analítico para el control de la calidad del agua del cuerpo receptor, siempre que en la categoría correspondiente al cuerpo natural de agua se haya establecido el respectivo Estándar de Calidad Ambiental para Agua o la autoridad ambiental sectorial lo estime pertinente. Asimismo, ante actualizaciones o modificaciones de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (categorías y/o parámetros), se revisará y de ser necesario actualizará el cuadro 1.

**5.4. Toma, conservación, preservación y análisis de las muestras de agua**

La toma de muestra de agua natural deberá ser realizada en los puntos de control y a la profundidad establecidos en la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas en concordancia con lo señalado en el Instrumento de Gestión Ambiental y de acuerdo con las disposiciones establecidas en el presente Protocolo.

En caso las condiciones climáticas (tormentas, lluvias o nevadas) u oceanográficas (braveza del mar) no permitan la toma de muestra en condiciones seguras, se prescindirá de realizar el monitoreo en el cuerpo receptor, lo que deberá ser debidamente sustentado.

El tipo de recipiente, las condiciones de preservación y el tiempo máximo de almacenamiento de las muestras de agua debe ser concordante con lo indicado en el anexo VII. El análisis deberá ser realizado por un laboratorio acreditado. (Véase el glosario).

**5.5. Remisión de los reportes de monitoreo**

Los resultados del monitoreo deberán ser sistematizados según el formato publicado en la página web de la Autoridad Nacional del Agua y reportados por vía digital junto con sus respectivos informes de ensayo escaneados en un plazo no mayor de 15 días calendarios después de finalizado el trimestre de evaluación.

La información resultante de la presentación de los reportes de monitoreo será de acceso para las instituciones con competencia en evaluación ambiental de las actividades del sector correspondiente.



**6. MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES**

El capítulo 6 establece los criterios generales para el desarrollo del monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, que considera desde la logística mínima necesaria, planificación, ejecución e informe técnico, cuyo contenido deberá ser de aplicación y referente obligatorio para la Autoridad Nacional del Agua y otros que pudieran desarrollar similar actividad.

**6.1. Recursos humanos**

El monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales deberá ser realizado por un equipo de personas con conocimiento sobre la toma de muestras, preservación, transporte y todos los puntos tomados en el presente Protocolo. Asimismo, deberán conocer la zona de muestreo y los lugares de acceso. El equipo deberá contar como mínimo con dos (02) personas, a fin de que se realice una distribución homogénea de las actividades en campo.

**6.2. Recursos económicos**

La actividad de monitoreo deberá contar con presupuesto económico para los siguientes aspectos:

- Traslado del equipo de trabajo: combustible, peajes, alquiler de camioneta
- Viáticos por cada recurso humano
- Envío de muestras: por *courier*
- Análisis de las muestras por cada parámetro evaluado
- Alquiler de equipo de monitoreo
- Materiales de escritorio, compra de hielo, etc.

**6.3. Tipos de muestras de agua**

Las muestras de agua pueden clasificarse en los siguientes tipos:

a. Muestra simple o puntual

A esta muestra también se le denomina discreta. Consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual. Representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizó su recolección.

Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de áreas sustanciales, puede decirse que la muestra simple es representativa de un intervalo de tiempo o un volumen más extenso. En tales circunstancias, las características de un cuerpo de agua pueden estar adecuadamente representadas por muestras simples, como en el caso de aguas de suministro, aguas subterráneas, algunos casos de aguas superficiales y de manera extraordinaria en algunas corrientes de aguas residuales.

b. Muestra compuesta

Es el resultado de la mezcla homogenizada de varias muestras simples colectadas durante un periodo determinado según proporciones concretas. Pueden ser de volumen fijo o de volumen proporcional, dependiendo del intervalo del muestreo y el volumen de cada muestra simple que lo conforma.

Este tipo de muestras se emplea cuando se requieren conocer las condiciones promedio en un determinado periodo. Son generalmente usadas para la caracterización de aguas residuales.

La muestra compuesta de volumen fijo se compone mezclando en un mismo recipiente las alícuotas de igual volumen. La muestra compuesta de volumen proporcional, aplicado principalmente para ríos o quebradas de bajo caudal y de alta variabilidad, se compone tomando y mezclando en un mismo recipiente un volumen (alícuota) de muestra que se calcula de la siguiente forma:

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p}$$

Donde:

$V_i$ : Volumen de cada alícuota o porción de muestra

$V$ : Volumen total a componer

$Q_i$ : Caudal instantáneo medido en el momento de toma de muestra

$Q_p$ : Caudal promedio durante el muestreo

$n$ : Número de muestras tomadas





Se recomienda exceder el volumen de muestra total a componer en un 20 % a fin de suplir pérdidas o derrames durante la manipulación.

c. Muestra integrada

Consiste en la homogenización de muestras puntuales tomadas en diferentes puntos simultáneamente, con la finalidad conocer las condiciones de calidad de agua promedio en los cuerpos de agua.

Dentro de esta clasificación, se ubican las muestras integradas de área que comprenden varias muestras simples tomadas en varios puntos de una determinada área acuática (ancho de un río) y las muestras integradas de profundidad, que abarcan muestras simples o compuestas tomadas a lo largo de la columna de agua.

El primer caso mide el ancho del río y se divide en cuatro secciones iguales. Se toman muestras a 1/4, 1/2 y 3/4 de la sección transversal del río. Posteriormente, se homogenizan partes iguales de cada muestra obtenida.

Para la toma de las muestras integradas en cuerpos de agua profundos, se pueden realizar muestreos puntuales a diferentes profundidades o de todo el segmento de la columna de agua utilizando una manguera muestreadora. (Véase el ítem 6.15).

6.4. Planificación del monitoreo

La planificación del monitoreo se realiza en gabinete con la finalidad de diseñar el trabajo de monitoreo que incluye el establecimiento del ámbito de evaluación (cuenca, unidad hidrográfica, recurso hídrico), puntos de monitoreo, lugares de acceso, verificación y ubicación de la zona de muestreo y los puntos de monitoreo mediante el empleo de herramientas informáticas (Ej. Google Earth), los parámetros a evaluar en cada punto de monitoreo, los equipos, materiales, reactivos, formatos de campo, logística a utilizar para el traslado del equipo de trabajo y para el análisis de las muestras.

Gráfico 1. Actividades realizadas en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales



| PREMONITOREO  | MONITOREO   | POSTMONITOREO  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Planificación del Monitoreo</li> <li>Establecimiento de la red de puntos de monitoreo</li> <li>Codificación del punto de muestreo</li> <li>Frecuencia de Monitoreo</li> <li>Parámetros recomendados a evaluar en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos</li> <li>Preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección</li> <li>Seguridad en el trabajo de campo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocimiento del entorno</li> <li>Rotulado y Etiquetado</li> <li>Medición de las condiciones hidrográficas en aguas continentales y marino costeros</li> <li>Georeferenciación del punto de monitoreo</li> <li>Medición de los parámetros de campo</li> <li>Toma de muestra</li> <li>Preservación</li> <li>Llenado de la cadena de custodia</li> <li>Transporte de las muestras</li> <li>Aseguramiento de la calidad de los resultados.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de las muestras por el laboratorio acreditado por la INACAL.</li> <li>Procesamiento y revisión de datos de los análisis.</li> <li>Elaboración del Informe técnico del monitoreo</li> </ul> |

**6.5. Establecimiento de la red de puntos de monitoreo**

El establecimiento de la red de puntos de monitoreo de un recurso hídrico superficial deberá realizarse de manera preliminar en gabinete. Para ello, es necesario contar con un mapa hidrográfico de la cuenca hidrográfica e intercuenca o de la zona marina. La recopilación e integración de información se realizan a través de herramientas informáticas como ArcGis, Google Earth Pro, entre otras.

**6.5.1. Cuenca e intercuenca**

Para el caso de una cuenca hidrográfica e intercuenca, el mapa debe contar con la delimitación de las unidades hidrográficas, ríos, lagos y lagunas, ubicación de infraestructura hidráulica (bocatomas, túneles, embalses), centros poblados y zonas urbanas, red vial, áreas naturales protegidas, pasivos mineros y/o hidrocarburíferos, vertimientos autorizados, captaciones de agua para uso poblacional, fuentes contaminantes puntuales y difusas provenientes de las actividades mineras, industriales, acuícola, agrícola, ganadera, etc. y toda información concerniente al área de evaluación. La ubicación de los puntos de monitoreo deberán incluir los siguientes aspectos:

- En la naciente del recurso hídrico, la cual se ubica generalmente en la cabecera de cuenca donde nacen los ríos, que servirá como punto de referencia o "blanco".
- En el estuario o zona de la desembocadura del río al mar.
- Aguas arriba de la confluencia con importantes afluentes laterales (cuerpos de agua laterales y trasvases), un punto en el río principal.
- Un punto de monitoreo por debajo de fuentes contaminante puntuales y difusas. En cuencas hidrográficas densamente pobladas es necesario la priorización de los puntos de monitoreo, estableciendo puntos representativos por tipo de fuente contaminante.
- Aguas abajo de la salida de embalses y lagunas.
- En zonas de protección tales como reservas, parques naturales, etc.
- En caso se cuente con una red de estaciones hidrométricas en la cuenca materia de evaluación, se recomienda que el punto de monitoreo de calidad de agua se ubique cerca a dicha estación hidrométrica para que se pueda contar con la medición simultánea del caudal.



El lugar establecido para la toma de la muestra de agua debe ser de acceso seguro, evitando caminos empinados, rocosos, vegetación densa y fangos.

Se debe precisar que el muestreo debe iniciarse desde los puntos ubicados en la parte alta de la cuenca o intercuenca.

**6.5.2. Lagos, lagunas, embalses**

En recursos hídricos lénticos, el mapa deberá considerar la integración de la siguiente información en mapas cartográficos: desembocadura de ríos, principales centros poblados y zonas urbanas, vertimientos autorizados de aguas residuales tratadas, fuentes contaminantes puntuales y difusas, pasivos mineros, hidrocarburíferos, agrícolas, actividades productivas e industriales, instalaciones acuáticas, zonas acuícolas, zonas recreativas (balneabilidad), áreas naturales protegidas, batimetría, entre otras. El establecimiento de la red de puntos de monitoreo, debe considerar los siguientes criterios:

- Los puntos de monitoreo deberán ser ubicados donde se desarrollen actividades específicas (zona de pesca, recreación, acuicultura, etc.) o en zonas de importancia particular, como puntos

de toma de agua para uso poblacional, zonas de desove o crianza de peces, zonas de ingresos de afluentes, zonas de descarga, zonas de floraciones de algas u otras características atípicas.

- El número de puntos de monitoreo debe ser definido en función del tamaño de la zona de interés.
- En zonas sin influencia antropogénica que servirá como punto de referencia o "blanco".
- Para recursos hídricos con profundidades mayores a 6 metros, considerar la toma de muestras en superficie, termoclina y a 1 metro del fondo. La profundidad de la termoclina se calcula midiendo la temperatura en la columna de agua y determinando la zona de mayor variación. La medición de la temperatura se realiza con ecosondas de profundidad.

### 6.5.3. Mar

Para la ubicación de los puntos de monitoreo en la zona marina, se debe integrar en un mapa cartográfico la siguiente información: delimitación del cuerpo de agua marino-costero, desembocadura de ríos, principales centros poblados y zonas urbanas, vertimientos autorizados de aguas residuales tratadas, fuentes contaminantes puntuales y difusas, pasivos mineros, hidrocarbúricos, agrícolas, actividades productivas e industriales, instalaciones acuáticas, zonas acuícolas, zonas recreativas (balneabilidad), áreas naturales protegidas, batimetría, entre otras. El establecimiento de la red de puntos de monitoreo debe considerar los siguientes criterios:

- Los puntos de monitoreo deberán ser ubicados donde se desarrollen actividades específicas (zonas de pesca, áreas de concesión para la maricultura y bancos naturales de moluscos bivalvos, desove o crianza de peces, recreación, balnearios, acuicultura, etc.).
- En zonas de importancia particular como puntos de toma de agua para uso poblacional, desalinización, zonas de descarga de ríos, zonas de floraciones de algas u otras características atípicas.
- El número de puntos de monitoreo debe ser definido en función del tamaño de la zona de interés.
- En zonas sin influencia antropogénica que servirá como punto de referencia o "blanco".
- Se debe considerar la toma de muestras en superficie, termoclina y a un metro del fondo. La profundidad de la termoclina se calcula midiendo la temperatura en la columna de agua y determinando la zona de mayor variación. La medición de la temperatura se realiza con ecosondas de profundidad.



### 6.5.4. Codificación del punto de muestreo

El punto de muestreo debe ser identificado y reconocido claramente, de manera que permita su ubicación exacta en muestreos futuros. En la determinación de la ubicación se utilizará el Sistema de Posicionamiento Global (GPS); las coordenadas del punto de monitoreo deberán ser registradas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.

Asimismo, deberán registrarse puntos de referencia en la proximidad del punto de monitoreo, tales como puentes, kilometraje vial, localidad u otro elemento que permita la ubicación rápida en campo.

En el caso de puntos de muestreo en cuerpos de agua lénticos o marino costeros, es útil indicar por lo menos dos puntos de referencia en la costa que permitan la identificación del punto en el campo.

Toda la información relativa al punto de monitoreo será registrada en el formato del anexo IV: *Formato de identificación del punto de monitoreo.*



Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

Todos los puntos de muestreo establecidos por la Autoridad Nacional del Agua en el marco de las actividades de Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales deberán poseer un código que será determinado según el siguiente detalle.

El código de cada punto de muestreo ubicado en cuerpos naturales de agua continental estará conformado por los siguientes elementos:

[Sigla del tipo de cuerpo de agua] [Sigla del nombre del cuerpo de agua] [Numeración continua]

- Sigla del tipo del cuerpo de agua
  - R → Río
  - Q → Quebrada
  - C → Cocha
  - F → Manantial
  - L → Laguna natural o artificial, lago
  - E → Embalse o represa
  - H → Humedal, bofedal
  - M → Mar
  - B → Bahía
  - G → Estuario, manglar o marisma
- Sigla del nombre del cuerpo natural de agua: compuesta por las cuatro (04) letras iniciales del nombre del cuerpo de agua. Para nombres compuestos se utiliza la primera letra de la primera palabra y las primeras tres (03) letras de la segunda palabra; por ejemplo Santa Bárbara: SBar.
- Numeración continua: los números se asignan en orden creciente y se inicia en la parte más alta de la cuenca (cabecera o nacimiento) con el número 1 y se aumenta la numeración hasta su desembocadura del río al mar.

Como ejemplo: si a una red de monitoreo está constituida por 21 puntos y se desea agregarle un punto adicional, el nuevo punto de monitoreo va a recibir el número siguiente al último punto de monitoreo asignado, es decir, será el punto 22. Si se elimina un punto de monitoreo de una red, el número de este punto no deberá ser "reciclado" o "reasignado" para un nuevo punto de monitoreo.

Gráfico 2. Cuenca del río Moche, mostrando la red de puntos de monitoreo.



Fuente ANA: I.T. N° 041-2014-ANA-DGCRH/GOCRH



**6.6. Frecuencia de monitoreo**

La frecuencia de monitoreo se establece para medir los cambios sustanciales en la calidad del recurso hídrico que ocurren en determinados periodos, los cuales pueden estar influenciados por:

- Estacionalidad de la cuenca (épocas de avenida, transición y de estiaje)
- Variabilidad de las corrientes marinas
- La variabilidad del proceso productivo de las actividades industriales
- La estacionalidad de la actividad de pesca industrial
- La ocurrencia de eventos extraordinarios (huaycos, accidentes, derrame de sustancias peligrosas, floración de algas, etc.)
- Ocurrencia de enfermedades endémicas y/o epidemias

**6.7. Parámetros recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales**

En el cuadro 2, se presentan los parámetros mínimos a considerar de acuerdo con la categoría del recurso hídrico asignada por la ANA a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por el MINAM (D.S. N.º 015-2015-MINAM).

**Cuadro 2.** Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.



| Parámetros                        | Categoría 1  | Categoría 2   | Categoría 3   | Categoría 4<br>Ríos, lagunas y lagos  | Categoría 4<br>Ecosistemas marino-costeros  |
|-----------------------------------|--|---|---|---|---|
| <b>Parámetros de campo</b>        | pH, T, Cond, OD  | pH, T, OD   | pH, T, Cond, OD   | pH, T, Cond, OD   | pH, T, OD   |
| <b>Parámetros químico-físicos</b> | DBO <sub>5</sub> , AyG, N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>3</sub> , P, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn) | DBO <sub>5</sub> , AyG, SST, N-NO <sub>3</sub> , P, sulfuros, metales (As, B, Ba, Cd, Cu, Cr <sup>6</sup> , Hg, Ni, Pb, Zn) | DBO <sub>5</sub> , AyG, N-NO <sub>3</sub> , sulfatos, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn) | DBO <sub>5</sub> , AyG, SST, N <sub>tot</sub> , N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>3</sub> , P, metales (As, Ba, Cd, Cu, Cr <sup>6</sup> , Hg, Ni, Pb, Zn), sulfuros | DBO <sub>5</sub> , AyG, N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>3</sub> , P, metales (As, Cd, Cu, Cr <sup>6</sup> , Hg, Ni, Pb, Zn) |
| <b>Parámetros microbiológicos</b> | Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Organismo de vida libre  | Coliformes termotolerantes,   | Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Huevos y larvas de helmintos,                               | Coliformes termo tolerantes   |   |

Elaboración propia

Lo anterior no exime la posibilidad de adicionar parámetros de evaluación en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales según el objetivo propuesto, además podrá considerar los siguientes factores:

- Tipología de las fuentes de contaminación: extractivas, productivas, poblacionales, agrícolas, ganaderas
- Materiales y sustancias químicas usadas en las actividades específicas
- Productos de reacción o degradación de las materias primas
- Naturaleza geológica de la cuenca hidrográfica
- Anormalidades biológicas o químicas
- Clasificación de los recursos hídricos



**6.8. Preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección**

Para ejecutar un monitoreo de manera efectiva, se deberán preparar con anticipación los materiales de trabajo, soluciones estándar de pH, conductividad, formatos (fichas de registro de campo y cadenas de custodia) de acuerdo con la necesidad u objetivo del monitoreo. Asimismo, se deberá contar con todos los materiales y equipos de muestreo operativos y debidamente calibrados descritos en el cuadro 2.

**Cuadro 3.** Materiales y equipos necesarios para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Medios de transporte</b>       | Vehículo para transporte terrestre (camioneta) y acuático (embarcación, zodiac, lancha) <sup>1</sup>  |
| <b>Materiales</b>                 | Cooler grandes y pequeños, frascos de plásticos y vidrio <sup>2</sup> , baldes de plástico transparente de primer uso y limpios (4-20 litros de volumen), guantes descartables <sup>3</sup> , mascarillas <sup>3</sup> , pizetas, refrigerantes   |
| <b>Equipos</b>                    | GPS, correntómetro, multiparámetro <sup>4</sup> , cámara fotográfica, botellas hidrográficas, brazo muestreador   |
| <b>Soluciones y reactivos</b>     | Agua destilada, preservantes <sup>2</sup> , soluciones estándar (pH, conductividad, etc.)   |
| <b>Formatos</b>                   | Etiquetas (anexo II), ficha de datos de campo (anexo I), cadena de custodia (anexo III)   |
| <b>Permisos</b>                   | Recursos hídricos marinos y lacustres: DICAPI<br>Embalses: operador hidráulico<br>Otros permisos en caso se requieran en la zona de intervención  |
| <b>Material cartográfico</b>      | Mapa hidrográfico o marino según corresponde  |
| <b>Indumentaria de protección</b> | Zapatos de seguridad, botas de jebe cortas, botas de jebe musleras, vestimenta de seguridad con cinta reflectiva (pantalón, polo o camisa de manga larga, casaca, chaleco), lentes, casco, gorra, ponchos impermeables, arnés, chaleco salvavidas |
| <b>Otros</b>                      | Plumones indelebles, lápices, cinta adhesiva, papel secante, libreta de campo, soga, cinta métrica, linterna de mano, pizarra acrílica o tablero  |

Elaboración propia

Dónde:

- 1: Deben cumplir condiciones de seguridad para el transporte del personal, equipos y materiales establecidos en la ficha de seguridad de la embarcación, este último es obligatorio para el monitoreo de los cuerpos de agua marinos.
- 2: Frascos de primer uso cuyo volumen y características serán determinados por el parámetro a evaluar (anexo VII)
- 3: Los frascos deberán ser únicos por cada punto de monitoreo.
- 4: Se deberá verificar la calibración de los sensores de pH, OD y conductividad dentro de las 24 horas antes del muestreo. El sensor de oxígeno disuelto debe calibrarse entre muestreo y muestreo si existe una diferencia significativa en altitud.

**6.9. Seguridad en el trabajo de campo**

El amplio rango de condiciones encontradas en los muestreos de cuerpos de agua puede someter al personal de campo a una variedad de riesgos para la seguridad y la salud. Con la finalidad de prevenir daños personales y de los materiales y/o equipos durante el desarrollo del monitoreo, se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- El personal que desarrolla el trabajo de campo (monitoreo) debe contar con la indumentaria y el equipo de protección personal (EPP) necesario para la ejecución de la actividad.



- La ubicación del punto de monitoreo deberá ser seleccionado de tal modo que esté garantizado el acceso y la toma de muestra de agua en condiciones seguras.
- Evitar el ingreso a ríos caudalosos y/o profundos para la toma de muestras. Se recomienda coleccionar las muestras con ayuda de un brazo telescópico o con un recipiente sujetado de una soguilla, pero que conserve las medidas de seguridad. La persona que toma la muestra debe ser asegurada con arnés y una soga anclada a una estructura sólida.
- En cuerpos de aguas navegables y marino-costeros, se deben utilizar chalecos salvavidas.
- En caso de presentarse lluvias torrenciales y permanentes, se debe paralizar el monitoreo por la seguridad del personal y la protección de los materiales y/o equipos.
- El personal de campo deberá contar con seguro complementario de trabajo de riesgo (SCTR).
- Se debe contar en todo momento con un botiquín de primeros auxilios, linterna, radio de comunicación, entre otros.

#### 6.10. Reconocimiento del entorno

En el lugar de muestreo se deberá realizar el reconocimiento del entorno e indicar en el ítem Observaciones de la ficha de campo (**anexo I**) las características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

#### 6.11. Rotulado y etiquetado

Los recipientes se deben rotular con etiquetas autoadhesivas. La etiqueta de cada muestra de agua como mínimo debe contener los siguientes datos (anexo II):

- Nombre del solicitante
- Código del punto de muestreo
- Tipo de cuerpo de agua (agua continental o marina)
- Fecha y hora de muestreo
- Nombre del responsable de la toma de muestra
- Tipo de análisis requerido
- Preservación y tipo de reactivo (si lo requiere)

Se recomienda cubrir la etiqueta con cinta transparente a fin de protegerla de la humedad. El etiquetado deberá ser realizado antes de la toma de muestras.

#### 6.12. Medición de las condiciones hidrográficas en aguas continentales y marino-costeras

##### 6.12.1. Condiciones hidrográficas y dinámicas en aguas continentales

###### Medición del caudal

Los caudales de los ríos o quebradas pueden ser estimados utilizando un medidor de velocidad (correntómetro) para determinar la velocidad superficial del agua y luego mediante la medición del área transversal del curso de agua.

La dificultad para medir el flujo de agua radica principalmente en la medición del área transversal debido a la poca homogeneidad del cauce, presencia de piedras, profundidad y turbulencia. Sin embargo, es posible hacer una aproximación al caudal real a través de las siguientes recomendaciones:





- Buscar el tramo del cuerpo de agua más cercano al punto de monitoreo que presente un cauce lo más homogéneo posible.
- En la medida de lo posible, retirar los materiales u objetos que obstruyan el paso de agua.
- Realizar las lecturas de velocidad en los márgenes izquierdo, derecho y centro del cuerpo de agua y el largo de la línea transversal. Considerar las lecturas a media altura de cada profundidad.
- Tomar las medidas de las alturas respectivas en cada punto de medición de velocidad.
- Realizar la medición del ancho del cuerpo de agua usando una cinta métrica (wincha).

Para la medición de caudales del agua, existen varios métodos, pero los más utilizados son el método del correntómetro y el método del flotador:

a. Método del correntómetro

Este método estima la velocidad del agua por medio de un instrumento llamado correntómetro que mide la velocidad en un punto dado de la masa de agua.

Existen varios tipos de correntómetros, pero los más empleados son los de hélice que hay de varios tamaños; cuanto más grandes sean los caudales o más altas sean las velocidades, mayor debe ser el tamaño del equipo.

Como el correntómetro mide la velocidad en un punto, para obtener la velocidad media de un curso de agua se debe, en ciertos casos, medir la velocidad en dos, tres o más puntos a diversas profundidades a lo largo de una vertical y a partir de la superficie del agua.

Las profundidades a las que se miden las velocidades con el correntómetro están en función de la altura del tirante de agua (d).

| Tirante de agua (d) | Profundidad de lectura del correntómetro |
|---------------------|--|
| cm                  | cm                                       |
| <15                 | d/2                                      |
| 15<d<45             | 0,6d                                     |
| >45                 | 0,2 d y 0,8 d o 0,2 d; 0,6 d y 0,8 d     |

Fuente: R.J. N° 182-2011-ANA

Conocidas las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la cual se utilizará para el cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Donde:

V: Velocidad determinada con el correntómetro

A: Área de la sección transversal

b. Método del flotador

El método del flotador se utiliza cuando se carece de equipos de medición para este fin. Los caudales de ríos y quebradas pueden ser estimados generando primero una relación caudal-altura para un punto estable a lo largo del curso del agua mediante un aforador en una serie de condiciones de caudal bajo, medio y alto.

*Medición de la velocidad: V*

- Seleccionar un tramo homogéneo.
- Se estima una longitud apropiada que representará el espacio recorrido por el flotador que oscile entre 30 a 100 m según el caudal y tamaño del recurso.



- Contar con un flotador visible.
- Se inicia la operación lanzando el flotador al inicio del tramo seleccionado.
- Estimación del tiempo utilizado por el flotador en completar el espacio seleccionado.
- Realizar varias mediciones para descartar los valores errados que permitirá obtener un valor constante.
- Unidad de medida más representativa es m/s.

*Medición de la sección transversal: A*

- Extender una cuerda entre ambas orillas para medir la longitud.
- Medir las profundidades a lo largo del cauce tomando como referencia la cuerda.
- Estimar el área de la sección transversal.

*Medición del caudal: Q = m³/s*

El cálculo del caudal se realiza al multiplicar el área de la sección transversal (A) por la velocidad obtenida (V).

$$Q = V \times A$$

c. Método volumétrico

*Medición del tiempo: T*

- Se requiere un recipiente graduado para coleccionar el agua que permitirá determinar el flujo.
- Un cronómetro.
- Se estima el tiempo que demora el llenado de un determinado volumen de agua.

*Medición del volumen: V*

- Conocer el volumen del recipiente

*Medición del caudal: Q = m³/s*

- El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen.

$$Q = V/T$$

Donde:

- Q: Caudal m³/s
- V: Volumen en m³
- T: Tiempo en segundos



### 6.12.2. Condiciones hidrográficas y dinámicas en aguas marino-costeras

Las masas de agua del océano son dinámicas, dado que se mueven incesantemente con base en movimientos horizontales denominados corrientes. Algunas corrientes son fenómenos pasajeros y afectan solamente un área pequeña en respuesta a las condiciones locales, con frecuencias estacionales. Otras corrientes son permanentes y afectan grandes áreas del océano a nivel mundial.

El movimiento de las corrientes se define por su dirección y velocidad, en nudos (millas náuticas por hora), millas por día o en cm/s.

El origen de los sistemas de corrientes superficiales se encuentra en el viento y, en menor grado, en la diferencia de densidades, consecuencia del flujo de energía desde los trópicos hacia regiones polares y subpolares.

Para el Perú son relevantes los siguientes sistemas globales de corrientes superficiales marinas:

- Franja ecuatorial, comprendida aproximadamente entre los 10° S y los 20° N de latitud: corriente hacia el Este, muy clara en el Pacífico.
- Latitudes bajas y medias: predominio de las corrientes de sentido ciclónico.

Además de los movimientos horizontales de las masas de agua, o corrientes, los vientos causan movimientos verticales de las aguas superficiales que pueden ser ascendentes (ascensión) también conocidos como de urgencias o descendentes (sumersión) denominados también hundimiento. La ascensión o la sumersión del agua en las costas son frecuentes en las zonas costeras cuando el movimiento del agua inducido por el viento se dirige hacia el mar, fluye agua profunda a la superficie de la costa reemplazando las aguas superficiales que el viento ha empujado hacia el mar. Por otro lado, se producen movimientos de sumersión de las aguas costeras cuando los movimientos del agua inducidos por el viento son direccionados hacia la costa.

El conocimiento de las condiciones hidrográficas y dinámicas de un cuerpo de agua marino-costero facilita la interpretación de datos anómalos de la calidad del agua registrados en las actividades de monitoreo y vigilancia, dado que permite delimitar áreas acuáticas o costeras de potencial origen de la contaminación.

Asimismo, en la evaluación previa del impacto de un vertimiento, las corrientes marinas son un factor determinante de la dilución de aguas residuales tratadas con el agua natural y su conocimiento permite un diseño más eficiente de los dispositivos de descarga que la suposición de corriente nula.

En ese sentido, para determinar las condiciones hidrográficas y dinámicas en aguas marino-costeras se podrá utilizar como referencia información o investigaciones realizadas por instituciones especializadas, como IMARPE, la Marina de Guerra del Perú y/o otras entidades. En caso de no contar con información oceanográfica de la zona a evaluar, se podrán aplicar procedimientos alternativos tales como los métodos euleriano y el lagrangiano descritos a continuación:

#### a. Método euleriano

Para este método se monitorea el flujo en un punto específico. La ventaja sobresaliente es que se puede instalar un aparato auto registrador por un largo periodo. El método euleriano es utilizado particularmente para determinar la corriente marina que puede aplicarse para el diseño de infraestructura marina como los emisores submarinos, ya que permiten obtener series continuas de datos de corrientes en un punto específico y en periodos de varios días o semanas, con los cuales se podrá estimar el promedio (media armónica) de la velocidad de corriente requerido para el diseño de la infraestructura y la determinación de la dilución inicial brindada por el emisor submarino.

Entre los instrumentos que emplean el método euleriano son los ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), los cuales emiten impulsos acústicos a la columna de agua y registran su eco reflejado por las partículas de agua. El efecto acústico "Doppler" hace posible medir la velocidad de la corriente y su dirección de forma muy exacta y en diferentes profundidades simultáneamente.

#### b. Método lagrangiano

En el método de Lagrange se emplean flotadores a la deriva que permiten obtener la dirección y velocidad representativas para una franja equivalente (igual) a la longitud recorrida por ellos. La posición de los flotadores es localizada mediante posicionamiento satelital en intervalos de tiempo





lo suficientemente cortos para descubrir su trayectoria y velocidades. Los flotadores son lanzados al mar dentro del área de estudio y recorrerán una trayectoria dirigida por la corriente superficial predominante en el lugar. Los datos obtenidos son transferidos a una hoja de ploteo o un sistema de información geográfica donde se calcula la dirección y la velocidad de los flotadores en forma gráfica.

El método lagrangiano es utilizado particularmente para determinar el movimiento del agua de mar desde un punto específico hasta áreas de interés, como por ejemplo en estudios para la ubicación óptima de un emisor submarino de aguas residuales domésticas, ya que permite conocer las probables trayectorias de las aguas residuales desde el vertimiento hasta zonas sensibles a la contaminación, como áreas de acuicultura o de actividades recreativas, y estimar las probables densidades de coliformes en estas zonas considerando el decaimiento natural de los patógenos en el mar. Otra aplicación es el estudio de la causalidad entre la contaminación del recurso hídrico en una zona específica y una fuente de contaminación, dado que el método permite identificar las trayectorias de contaminantes vertidos al mar. Asimismo, el método podrá aplicarse para determinar el punto óptimo para la toma de muestra en el monitoreo del impacto de un vertimiento de aguas residuales.

Como flotadores se pueden emplear objetos tan sencillos como botellas o cubetas parcialmente llenas de agua, a las cuales se les coloca un GPS o se sigue visualmente determinando su posición geográfica manualmente, con el fin de poder obtener la trayectoria de la corriente en un intervalo de tiempo. Sin embargo, este tipo de objetos es afectado por el viento y el oleaje, lo cual influye en el vector resultante de dirección. Por ello, es recomendable emplear flotadores en forma de cruceta o derivadores pasivos.

- Los paneles de los flotadores en forma de cruceta quedan situados por debajo de la superficie del agua, lo que disminuye el arrastre por viento y aumenta el arrastre debido a las corrientes marinas.
- Los derivadores pasivos se constituyen en un elemento flotante y un elemento sumergido a una determinada profundidad, dentro de esta categoría se ubican el paracaídas o flotador con vela de arrastre. El elemento derivador es sumergido a la profundidad deseada y conectado por medio de un cable a una boya en la superficie. Monitoreando la trayectoria de la boya se obtiene la trayectoria lagrangiana del fluido en la profundidad del elemento derivado.

Actualmente, existen varios modelos de derivadores, algunos manejados de manera comercial, que además de contar con sistema GPS, están integrados con otros sensores tales como CTD (conductividad, temperatura y profundidad) o de salinidad.



**6.13. Georreferenciación del punto de monitoreo**

Una vez ubicados en el sitio de muestreo, se deberá identificar el punto de monitoreo utilizando la información registrada en la *Ficha de identificación del punto de monitoreo* (véase el anexo IV). Para una identificación inequívoca del punto de monitoreo, deberán confirmarse las coordenadas utilizando un equipo de GPS.

**6.14. Medición de los parámetros de campo**

Los parámetros para medir en campo son pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, entre otros. Para la medición de parámetros en campo se recomienda lo siguiente:



Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

- En el caso de ríos accesibles y de bajo caudal, se recomienda tomar los parámetros de campo directamente en el cuerpo de agua, caso contrario utilizar un balde limpio y transparente.
- Medir los parámetros oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y temperatura (como mínimo), la lectura de los valores deberá ser realizada de forma inmediata, luego de tomada la muestra de agua.
- Si se producen variaciones significativas de medidas entre dos muestras, es necesario calibrar el equipo.
- Las mediciones deberán registrarse en la *Ficha de registro de datos de campo* (véase el anexo I).
- Se deberán limpiar los equipos de muestreo inmediatamente después de su uso y, adicionalmente, entre muestreo y muestreo, a fin de evitar posibles contaminaciones y deterioro. Para la limpieza exterior de los equipos de muestreo es recomendable lavarlos con suficiente agua destilada/desionizada, sin causar daños internos que puedan alterar las características de los diferentes componentes. Es importante llevar a campo las herramientas necesarias y apropiadas para efectuar la limpieza de los equipos que lo requieran.

**6.15. Procedimiento para la toma de muestras**

Antes de iniciar el muestreo, todo el personal que manipula los equipos de toma de muestra, los recipientes y frascos o los reactivos de preservación, deben colocarse guantes descartables, mascarilla y gafas protectoras.

a. Toma de muestras en ríos o quebradas con bajo caudal

Es aplicable para ríos de bajo caudal o de poca profundidad, donde exista fácil acceso de ingreso al río. Se deberá evitar la contaminación de las muestras por disturbar los sedimentos del fondo o de la orilla del cauce.

Procedimiento:

- (a.1). El personal responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
- (a.2). Ubicarse en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas.
- (a.3). Medir los parámetros de campo directamente en el río o tomando un volumen adecuado de agua en un balde limpio y evitar hacer remoción del sedimento. Seguir los procedimientos indicados en el ítem 6.14 y registrar las mediciones en la *Ficha de registro de datos de campo* (anexo I).
- (a.4). Coger un recipiente, retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- (a.5). Antes de coleccionar las muestras, los frascos se deben enjuagar como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.
- (a.6). Coger la botella por debajo del cuello, sumergirla en dirección opuesta al flujo de agua.
- (a.7). Para los parámetros orgánicos (aceites y grasas, hidrocarburos de petróleo, etc.) la toma de muestras se realiza en la superficie del río.
- (a.8). Considerar un espacio de alrededor de 1 % aproximadamente de la capacidad del envase para aquellos parámetros que requieran preservación.
- (a.9). Para muestras microbiológicas dejar un espacio del 10 % del volumen del recipiente para asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias.
- (a.10). Para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), el frasco debe llenarse lentamente en su totalidad para evitar la formación de burbujas.
- (a.11). Evitar coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimentos del fondo.





b. Toma de muestras en ríos o lagos desde la orilla

Este procedimiento se realiza cuando la corriente del río es caudaloso o profundo y en el muestreo de lagos desde la orilla, utilizando un brazo muestreador.

Procedimiento:

- (b.1). El personal responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
- (b.2). Ubicarse en un punto donde exista fácil acceso, donde la corriente sea homogénea y poco turbulenta.
- (b.3). Antes del inicio de la toma de muestras enjuagar el balde con agua del punto de muestreo como mínimo dos veces, luego tomar una muestra de agua para medir los parámetros de campo de acuerdo al ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
- (b.4). Para la toma de muestras colocar un frasco en el brazo muestreador, asegurarlo y retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- (b.5). Extender el brazo muestreador y sumergir la botella en sentido contrario a la corriente, hasta que esté parcialmente llena y proceder a su enjuague (mínimo dos veces), a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.
- (b.6). Sumergir el recipiente a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm desde la superficie en dirección opuesta al flujo del río.
- (b.7). Repetir los procedimientos (a.7) hasta (a.12) del ítem anterior.

c. Toma de muestras en el mar a orillas de playas

Las muestras se tomarán de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- (c.1). En playas donde el oleaje es tranquilo, el personal responsable del muestreo provisto previamente de guantes descartables deberá ingresar a la playa a una profundidad aproximada de 1 metro o hasta que el agua bordee la cintura del muestreador. Si la pendiente del fondo es pronunciada, el muestreador deberá tomar la muestra en la orilla, donde la profundidad del agua se encuentre entre el tobillo y la rodilla.
- (c.2). Se debe evitar tomar muestras en zonas de rompientes de olas.
- (c.3). Tomar un volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
- (c.5). Proceder al enjuague de los frascos, retirando la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna. Enjuagar el frasco como mínimo dos veces.
- (c.6). Tomar el recipiente por debajo del cuello, sumergirla a una profundidad de 20 a 30 cm bajo el agua orientando la boca del frasco en contracorriente del flujo entrante. Evitar coleccionar suciedad u otras películas de la superficie.
- (c.7). Llenar el recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.6) hasta (a.12), procurando que contenga un mínimo de arena.

d. Toma de muestras desde puentes

Este procedimiento es aplicable para ríos caudalosos que tienen acceso de puentes, para ellos se debe emplear un balde transparente de 4 a 20 litros, según corresponde, y una cuerda de nylon.

Procedimiento:

- (d.1). Ubicarse en el centro del puente.



- (d.2). Amarrar y asegurar el balde con la cuerda de nylon.
  - (d.3). Bajar el balde y llenarlo, evitando la remoción de sedimentos del fondo del cauce. Al momento de subir el balde, se debe evitar raspar estructuras del puente con la cuerda para no contaminar las muestras.
  - (d.5). Enjuagar el balde y lavar los últimos metros de la cuerda de nylon.
  - (d.6). Tomar un volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
  - (d.7). Tomar otra muestra de agua con el balde para el lavado de los frascos dos veces y lavar la cuerda.
  - (d.9). Llenar cada recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.6) hasta (a.12).
- e. Toma de muestras usando embarcación  
Para el muestreo en cuerpos de agua navegables (ríos, lagos, mar) se debe considerar lo siguiente:  
Procedimiento:
- (e.1). Se debe obtener previamente a la partida un pronóstico del tiempo fiable; si las condiciones son malas, es conveniente posponer la campaña.
  - (e.2). Si la estación ubicada no es muy profunda, anclar el bote (o atarlo a una boya). Si el cuerpo de agua es muy profundo, regular la ubicación con el motor o con los remos de la embarcación. La embarcación deberá orientarse hacia la proa contra la corriente para realizar las mediciones de campo y la toma la muestra.
  - (e.3). Tomar un volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
  - (e.4). Colocar la botella en el brazo muestreador, asegurarla y retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna.
  - (e.5). Extender el brazo muestreador y enjuagar el recipiente como mínimo dos veces. Para la toma de muestras sumergir el recipiente a una profundidad aproximada de 20 o 30 cm desde la superficie en dirección opuesta al flujo de la corriente.
  - (e.6). Llenar el recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.7) hasta (a.12).
- f. Toma de muestras a diferentes profundidades utilizando la botella hidrográfica  
La botella hidrográfica tipo Niskin, Van Dorn o similar es un dispositivo que permite la toma de muestras a cualquier profundidad. Cuenta con válvulas o tapas que se cierran herméticamente a través de un mensajero. Asimismo, proporciona una válvula de drenaje para la obtención de la muestra almacenada.  
Procedimiento:
- (f.1). Marcar la cuerda de nylon en cada metro y colocar un lastre por debajo de la botella hidrográfica para permitir el hundimiento de la misma y otro lastre en el extremo opuesto de la cuerda.
  - (f.2). Acondicionar la botella hidrográfica abriendo ambos extremos de la botella y asegurarlos para que no se cierren.
  - (f.3). Enjuagar como mínimo dos veces la botella con agua del mismo punto.
  - (f.4). Bajar la botella a la profundidad requerida de acuerdo con los objetivos del monitoreo. Esperar por lo menos un minuto para su estabilización y enviar el dispositivo mensajero que cerrará de manera instantánea ambos extremos de la botella hidrográfica y proceder a subirla.



(f.5). Cuando la botella llegue a la embarcación vaciar el contenido en un balde limpio y enjuagado y medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).

(f.7). Repetir los pasos (f.2) al (f.5) para la toma de muestras.

g. Toma de muestras a diferentes profundidades utilizando manguera

Se prepara con tramos de manguera de PVC de jardinería de 1.5 a 3 cm de diámetro y un largo deseado (1-5 m), unidos con válvulas de acoplamiento y llaves o grifos. El largo total de la manguera no debería superar los 15 o 20 m. Es preciso colocar un lastre cerca de la boca inferior del sistema, cuidando que no obstruya la libre circulación de agua por la manguera y asegurarse de que se sumerja en el agua lentamente en posición vertical.

De lo contrario, los tramos de manguera muestreados no coincidirán con la profundidad esperada. El tramo superior de la manguera tendrá un largo igual al intervalo superior de la columna de agua muestreado, más la distancia comprendida entre la superficie del mar, lago y la cubierta del barco. Se hará una marca en la parte de la manguera que debe coincidir con la superficie del agua al descenderla. Cuando se ha dejado bajar verticalmente la manguera hasta llegar a la marca de superficie, se cierra el grifo superior y se sube toda la manguera a bordo.

Procedimiento:

(g.1). El personal responsable deberá colocarse los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.

(g.2). La manguera se desciende con cuidado con todos los grifos abiertos para permitir el libre flujo de la columna de agua.

(g.3). Cuando la marca del tramo superior de la manguera alcanza la superficie del agua, se cierra el grifo superior, lo cual hará que el agua quede retenida por la fuerza hidrostática ejercida por las paredes de la manguera.

(g.4). Se recupera la manguera con cuidado y una vez en la cubierta de la embarcación:

- Se vacía el contenido de la manguera en un recipiente tras abrir el grifo superior (obtención de una única muestra de la columna de agua)
- O se cierra cada grifo a medida que van llegando a cubierta y se desacoplan los distintos tramos de manguera, los cuales se vaciarán en recipientes separados debidamente marcados. En este caso obtendremos varias muestras integradas correspondientes a distintos intervalos (por ej. a 0-5 m, 5-10 m, 10-15 m) de profundidad de la columna de agua.

(g.5). Los recipientes deben ser lo suficientemente amplios como para permitir la mezcla de la muestra antes de tomar submuestras para distintos fines. Una vez vaciado el contenido (o contenidos) de la manguera (o los tramos de manguera) en los respectivos recipientes, se toma una alícuota en los recipientes o frascos de los parámetros requeridos.

(g.6). Llenar los recipientes con la metodología descrita en los procedimientos (a.8) hasta (a.12).

**6.16. Preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras**

a. Preservación

Una vez tomada la muestra de agua, se procede inmediatamente a adicionarle el preservante para los parámetros requeridos de acuerdo con lo indicado en el anexo VII (*Conservación y preservación*)



de muestra de agua en función del parámetro evaluado). Una vez preservada la muestra, homogenizar y cerrar herméticamente el recipiente. Se deberán considerar las medidas de seguridad en la manipulación de reactivos utilizados (por ejemplo, ácidos, álcalis, formaldehído) teniendo en cuenta las normas de seguridad y protección personal para sustancias químicas siguiendo las recomendaciones de los fabricantes estipuladas en las hojas de seguridad (MSDS).

Los reactivos deben manipularse adecuadamente para evitar el contacto con los ojos, labios y la piel (manos), y de esa manera provocar la corrosión. Asimismo, deben tomarse precauciones para evitar la inhalación de gases tóxicos y la ingestión de materiales tóxicos a través de la nariz, la boca y la piel. Por lo cual, es esencial el uso de mascarillas, gafas de seguridad y guantes descartables resistentes a los reactivos; se recomiendan los guantes delgados de nitrilo o vinilo de color verde o celeste.

Las tapas de goma o neopreno o tapas de rosca con empaque son adecuados, siempre que los reactivos no reaccionen con estos materiales.

Durante el trabajo de campo, los reactivos se deben almacenar de forma separada de los recipientes para muestras y otros equipos en un *cooler* pequeño, limpio y seguro para impedir la contaminación cruzada.

b. Llenado de la cadena de custodia

Para el llenado de la cadena de custodia, como mínimo se deben considerar los siguientes datos:

- Nombre de la institución que realiza el monitoreo
- Nombre de la persona, correo, número telefónico del responsable de la toma de muestras
- Nombre del proyecto y/o del monitoreo
- Código de la muestra, clasificación del agua (agua de río, laguna, mar, etc.)
- Fecha y hora del muestreo
- Número y tipo de envases por punto de muestreo
- Preservación de la muestra
- Lista de parámetros de los análisis de cada punto de muestreo
- Firma de la persona responsable del monitoreo
- Observaciones en campo, como condiciones climáticas particulares, anomalías organolépticas del agua, actividades o condiciones insólitas en el lugar de monitoreo

Para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras deberán ir acompañadas de la *Cadena de custodia* debidamente llenada (se la debe colocar en un sobre plastificado a fin de evitar que se deteriore) y se remite dentro del *cooler* que contiene las muestras.

c. Almacenamiento, conservación y transporte de las muestras

Los frascos deben almacenarse dentro de cajas térmicas (*coolers*) de forma vertical para que no ocurran derrames ni se expongan a la luz del sol. Los recipientes de vidrio deben ser embalados con la debida precaución para evitar roturas y derrames durante el transporte (por ejemplo con bolsas poliburbujas o similares).

Para su conservación, las muestras recolectadas deberán acondicionarse en cajas térmicas (*coolers*) bajo un adecuado sistema de enfriamiento ( $5 \pm 3$  °C), refrigerante (*ice pack*, hielo o similar) o un refrigerador móvil. En el caso de utilizar hielo, colocarlo en bolsas herméticas. Las cajas térmicas (*coolers*) deberán mantenerse a la sombra para permitir una mayor conservación de la temperatura.





Las muestras deben ser transportadas inmediatamente al laboratorio cumpliendo los tiempos de almacenamiento máximo de cada parámetro de acuerdo con el cuadro del anexo VII (*Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado*); para el transporte de las muestras se debe sellar la caja térmica (*cooler*) de forma que asegure la integridad de las muestras.

Para el envío y traslado de las muestras al laboratorio existen diversos medios (aéreo, terrestre, fluvial); el personal responsable deberá utilizar el medio de comunicación que pueda garantizar las condiciones de tiempo de almacenamiento máximo de cada parámetro.

**6.17. Aseguramiento de la calidad del muestreo**

Los controles de calidad del proceso de muestreo son el único medio para identificar errores en el proceso de monitoreo; por lo tanto, deben formar parte de cada monitoreo de la calidad del agua y tener sus criterios de aceptación definidos. La utilización de estos controles debe ser incluida en el plan de monitoreo considerando todos los analitos de interés (elementos, compuestos, iones).

Para realizar el control de calidad aplicado al muestreo, se tienen los siguientes blancos y duplicados de acuerdo con las determinaciones analíticas.

**Cuadro 4.** Controles de calidad requeridos en el proceso de muestreo

| Tipo de control      | Contaminación evaluada  |
|----------------------|---|
| Blanco de campo      | Contaminación en alguna parte del monitoreo   |
| Blanco de viaje      | Contaminación durante el transporte   |
| Blanco de frascos    | Contaminación en los frascos  |
| Blanco de equipos    | Contaminación cruzada por lavado deficiente de los equipos de recolección   |
| Duplicado de campo   | Precisión y repetitividad de los procedimientos de recolección  |
| Matrices adicionales | Estimación del error total sistemático del procedimiento de muestreo, particularmente debido a la inestabilidad de la muestra |

Elaboración propia



**Blancos**

Son controles para evaluar la presencia de fuentes de contaminación en partes específicas de los procedimientos de colecta. En este tipo de controles se comprueba la contaminación de los frascos, filtros o cualquier otro equipo utilizado en la toma, manipulación o transporte de la muestra.

En el laboratorio se preparan cinco frascos como blancos (A, B, C, D y E) con agua desionizada:

- El frasco A es almacenado en el laboratorio, los otros frascos van a campo.
- El frasco B (blanco de viaje) permanece en la caja de transporte durante todo el monitoreo.
- El frasco C (blanco de campo) se abre en campo y el agua destilada que contiene es manipulada de igual forma que las muestras de agua natural (trasvase al recipiente utilizado para la toma de muestra, trasvase a los frascos utilizados para el transporte de las muestras, filtración de la muestra, adición de los preservantes u otro). Al final los frascos que contienen la alicuota C son cerrados, almacenados en la caja de transporte junto con el frasco B y enviado al laboratorio con las demás muestras recolectadas.
- El frasco D (blanco de frascos) se abre en campo y el agua destilada es envasada en los frascos utilizados para el transporte de las muestras, los cuales son enviados al laboratorio con las demás muestras.





ANEXO IV

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

Autoridad Nacional del Agua

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:   
(Categorizado de acuerdo con la R.J. N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero:   
(Código Pfafstetter)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo:   
(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción:   
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad:   
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad:   
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo:   
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, ...)

Reconocimiento del Entorno:   
(Indicar referencias topográficas que permitan el fácil reconocimiento del punto en campo.)

UBICACIÓN

Distrito:  Provincia:  Departamento:

Localidad:

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas:  Proyección UTM  Geográficas

Norte/Latitud:  Zona:  (17, 18 o 19; para UTM solamente)

Este/Longitud:  Altitud:  (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de ubicación del punto de monitoreo (referencia)

Fotografía: (Tomada a un mínimo de 20 metros de distancia del punto de monitoreo)



Elaborado por: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_